

2018

# CONTROL Y MANTENIMIENTO DE LAS REDES DE DISTRIBUCION DE VAPOR EN LA INDUSTRIA

FIERRO FIERRO, FERNANDA BELÉN

---

<https://hdl.handle.net/11673/45997>

*Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA*

**UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA  
SEDE CONCEPCION-REY BALDUINO DE BELGICA**

**CONTROL Y MANTENIMIENTO DE LAS REDES DE DISTRIBUCION DE  
VAPOR EN LA INDUSTRIA**

Trabajo de Titulación para optar al Título  
Profesional de INGENIERO DE  
EJECUCION EN MANTENIMIENTO  
INDUSTRIAL

Alumno (a) :

Fernanda Belén Fierro Fierro

Profesor Guía:

Ing. Wilfried Maser L.

**2018**

## **RESUMEN.**

**KEYWORDS:** DISTRIBUCION, VAPOR, EFICIENCIA.

El siguiente trabajo de titulación para optar al título de Ingeniero de Ejecución en Mantenimiento Industrial, se refiere a la elaboración de un análisis de las líneas de vapor de aplicación industrial con el fin de hacer una revisión del estado de la eficiencia energética y así lograr desarrollar una propuesta de control y de mantenimiento para dichas redes.

Para esto se llevó a cabo un estudio donde se enfocó en la investigación para optimizar la eficiencia energética de la red de distribución de vapor, es por ello, que se indago desde los fundamentos teóricos de cómo se genera el vapor, tipos de calderas que se utilizan en Chile (Acuotubular y la pirotubular), identificando sus características, fallas comunes y el mantenimiento que se les debe realizar.

Para el desarrollo de este análisis también se debía analizar las redes de distribución de agua y los efectos de un mal tratamiento en ellas como incrustaciones, corrosión, picaduras y sedimentación.

En la actualidad es un problema latente que se presenta en las empresas por la falta de mantenimiento adecuado y escaso personal especializado, es por esto, que se realizó una lista de chequeo estándar para dichas redes y un procedimiento de mantención de ellas los cuales abarcan sus puntos más críticos según lo investigado, esto a la vez fue dividido para ser aplicado de forma diaria, semanal, mensual y trimestral, con el fin de facilitar la mantención y que esta sea llevada con éxito.

Asimismo, el procedimiento propuesto incluye lista de chequeo del Decreto Supremo 10/2010, que aprueba el reglamento de Calderas, autoclaves y equipos que utilizan vapor de agua, con el fin de que las empresas que lo apliquen se encuentran al día con la normativa vigente aplicable a nivel nacional.

Considerando que la gestión del mantenimiento que se lleva a cabo en redes de vapor es de gran importancia en las empresas, ya que, traen consigo una reducción de costos, control de los aspectos e impactos ambientales generados, control de RILES, mejor posicionamiento a nivel empresarial por el cumplimiento de normativa vigente a nivel ambiental.

Además, para la evaluación de este proyecto y ver su factibilidad de aplicación solo se debe tener en consideración la realización de mantención, ya que, se genera un ahorro de energía considerable. Al no ser aplicado en una empresa se toma como base de análisis de lo encontrado en las fuentes de información que serán mencionadas más adelante.

## INDICE DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1-0-1 Esquema básico de una red de distribución de vapor.....	12
Ilustración 1-0-2 Partes principales de una caldera.....	16
Ilustración 0-3 Partes principales de una caldera. ....	17
Ilustración 1-0-4 Caldera de Humo o pirotubular. ....	18
Ilustración 1--0-5 Parte de una caldera pirotubular.....	18
Ilustración 1-0-6 Caldera Acuotubular y sus partes.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 1-0-7Ejemplo de caldera acuotubulares.....	20
Ilustración 1-8 Relación temperatura, presión del agua y vapor.....	31
Ilustración 1-0-9Evaporación flash durante la etapa de condensado.....	35
Ilustración 1-0-10Formula para determinar el % de vapor flash. ....	37
Ilustración 0-11Ejemplos de diferencias de presiones.....	37
Ilustración 1-0-12Calculo en unidades métricas. ....	38
Ilustración 1-0-13Ejemplo de un sistema de recuperación de vapor flash.....	39
Ilustración 1-0-14Ejemplo en la tabla de vapor saturado.....	40
Ilustración 1-0-15Ejemplo de tabla de vapor saturado basada en la presión. ....	41
Ilustración 1-0-16Ejemplo de tabla vapor saturado basada en temperatura. ....	42
Ilustración 1-0-17Ejemplo tabla de vapor saturado usando presión absoluta.....	42
Ilustración 0-18Ejemplo tabla vapor saturado usando presión manométrica. ....	43
Ilustración 1-0-19Ejemplo tabla vapor sobrecalentado.....	44
Ilustración 2-0-1Grafica vapor saturado seco: Presión (bar) Vs. Volumen específico (m <sup>3</sup> /kg).....	48
Ilustración 2-0-2Típica estación reductora de presión. ....	49
Ilustración 2-0-3Reductores concéntricos y excéntricos.....	49
Ilustración 2-0-4Modo correcto de ejecutar una derivación de una tubería principal. ....	51
Ilustración 2-0-5Trampa de vapor tipo flotador en una operación normal. ....	60
Ilustración 2-0-6 Trampa de vapor de cubeta invertida en una operación normal.....	60
Ilustración 2-0-7Tipo de trampas de vapor termodinámicas.....	61
Ilustración 2-0-8Trampa termostática. ....	Ilustración
0-9Trampa bimetalica .....	62
Ilustración 2-0-10 Criterios para la selección de trampas de vapor. ....	63
Ilustración 2-0-11Instalación de un purgador en un tramo recto de una tubería. ....	64
Ilustración 2-0-12Equipos que usan vapor indirecto .....	72
Ilustración 2-0-13Flauta para calentamiento de marmita, y calentador por inyección, vapor directo.....	73
Ilustración 2-0-14Grafico de costos en función del espesor del aislamiento.....	76

Ilustración 2-0-15Diferentes presentaciones de aislamientos. ....	77
Ilustración 2-16Medicion de vibraciones. ....	79

# INDICE

## Contenido

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
<b>RESUMEN. ....</b>	<b>2</b>
<b>INDICE DE ILUSTRACIONES. ....</b>	<b>3</b>
<b>INDICE .....</b>	<b>5</b>
<b>SIGLAS Y SIMBOLOGIA. ....</b>	<b>8</b>
<b>INTRODUCCION. ....</b>	<b>9</b>
OBJETIVO GENERAL.....	10
OBJETIVO ESPECIFICO.....	10
<b>CAPITULO 1: VAPOR. ....</b>	<b>11</b>
1.1 ¿CÓMO SE GENERA EL VAPOR?.....	12
1.1.1 ELEMENTOS QUE COMPONEN UN SISTEMA BASICO DE GENERACION DE VAPOR. ....	13
1.2 CALDERAS Y GENERADORES DE VAPOR.....	15
1.2.1 TIPOS DE CALDERAS.....	17
1.2.2 Mantenimiento de calderas.....	21
1.3 CALIDAD DEL VAPOR DE AGUA.....	27
TABLA 1-3 Efectos de un mal tratamiento de aguas de caldera.....	28
1.4 FUNDAMENTOS DEL VAPOR DE AGUA.....	29
1.4.1 VAPOR COMO FUENTE DE CALOR.....	29
1.4.2 TIPOS DE VAPOR DE AGUA.....	30
1.5 VAPOR FLASH.....	35
1.5.1 ¿COMO SE GENERA ELVAPOR FLASH? .....	35
1.5.2 ¿COMO SE PUEDE CALCULAR EL % DE VAPOR FLASH GENERADO?.....	36
1.5.3 USO DEL VAPOR FLASH.....	38
1.6 ¿CÓMO LEER UNA TABLA DE VAPOR? .....	39
1.6.1 TABLAS DE VAPOR SATURADO.....	39
1.6.2 FORMATOS DIFERENTES BASADOS EN PRESION Y TEMPERATURA.....	41
1.6.3 UNIDADES DIFERENTES BASADOS EN PRESION MANOMETRICA Y ABSOLUTA.....	42
1.6.4 TABLA DE VAPOR SOBREALETADO.....	43
<b>CAPITULO 2: SISTEMA DE DISTRIBUCION DE VAPOR. ....</b>	<b>46</b>
2.1 RECUPERACIÓN DE CONDENSADOS.....	47
2.2 DIMENSIONADO DE TUBERIAS.....	49
2.3 DERIVACIONES.....	50
2.4 VALVULAS.....	51
2.4.1 VALVULAS DE CIERRE.....	52
2.4.2 VALVULAS DE RETENCION.....	53
2.4.3 VALVULAS DE CIERRE y RETENCION.....	54

2.4.4 VALVULAS DE REDUCCION DE PRESION .....	54
2.4.5 VALVULAS DE SEGURIDAD. ....	54
2.5 PROCEDIMIENTOS PARA LA INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE VÁLVULAS. ....	54
2.5.1 Válvulas de cierre.....	54
2.5.2 Válvulas de retención.....	55
2.5.3 Válvulas de reducción de presión. ....	55
2.5.4 Válvulas de seguridad. ....	55
2.6 FALLAS FRECUENTES EN LAS VALVULAS. ....	55
<i>Tabla 1-7 modo de fallo y causa probable</i> .....	55
2.7 TRAMPAS DE VAPOR O PURGADORES.....	56
2.7.1 CLASIFICACION.....	57
2.7.2 trampas de vapor del tipo mecánico:.....	59
2.7.3 TRAMPAS DE VAPOR TERMODINAMICAS. ....	60
2.7.4 TRAMPAS DE VAPOR TERMOESTATICAS. ....	61
2.7.5 selección de trampas de vapor.....	62
2.7.6 TABLA DE LAS APLICACIONES Y REQUERIMIENTOS DE LAS TRAMPAS DE VAPOR.....	65
2.7.7 Procedimientos para la inspección DE TRAMPAS DE VAPOR. ....	67
2.7.8 MANTENIMIENTO EN TRAMPAS DE VAPOR.....	68
2.7.9 Fallas más comunes en las trampas de vapor y formas de localizarlas. ....	68
2.8 CONSUMIDORES DE VAPOR.....	72
2.9 AISLAMIENTO TERMICO. ....	73
2.9.1 ¿QUE ES EL AISLAMIENTO TERMICO? .....	73
2.10 USO DEL CONDENSADOR DE VAPOR.....	79
2.11 MEDIDAS DE AHORRO DE VAPOR POR AREAS. ....	80
<b>CAPITULO 3: COSTOS ASOCIADOS A LA RED DE DISTRIBUCION DE VAPOR. ....</b>	<b>82</b>
3.1 CALDERAS. ....	82
3.1.2 Regular el exceso de aire en la caldera .....	82
3.1.3 Reemplazar quemadores. ....	84
3.1.4 reducir la presión del vapor.....	85
3.2 AGUA.....	86
3.2.1 REDUCCION DE LA FORMACION DE DEPOSITOS.....	86
<i>Tabla N° 1-12 Impurezas comunes en el agua y posibles efectos que producen cuando son usadas directamente en Generadores de Vapor.</i> .....	86
<i>Gráfico No. 1-4 Incremento del consumo de petróleo por acumulación de suciedad en los tubos.</i> ..	88
3.3 FUGAS DE VAPOR.....	88
<i>Tabla N°1-13 Perdidas de vapor por fugas.</i> .....	89
3.3.1 Métodos para determinar el impacto económico de las fugas de vapor .....	89
3.3.2 ACCIONES RECOMENDADAS DE FUGAS. ....	89
3.4 RECUPERAR CONDENSADOS DE VAPOR.....	90
<i>Gráfico N° 1-5. Ahorro de combustible por recuperación de condensado.</i> .....	90
3.5 PERDIDAS POR AISLACION. ....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
<i>Tabla N°1-14 Ahorro por mejora de aislamiento.</i> .....	91

3.6 RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO PARA OPTIMIZAR COSTOS.....	91
3.6.1 FALLA.....	91
3.6.2 mejores prácticas habituales .....	92
3.7 AISLACION TERMICA.....	92
3.7.1 ACCIONES RECOMENDADAS AISLAMIENTO.....	92
3.7.2 Mejorar aislamiento.....	93
Tabla N°1-15 Espesores de aislantes recomendados.....	93
3.8 MANTENIMIENTO.....	93
3.8.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	95
3.9 MATRIZ COMPARATIVA DE LOS MANTENIMIENTOS.....	95
Tabla N°1-16 comparación de los tres tipos de mantenimientos.....	96
TABLA N°1-17. Cuadro Comparativo De Tipos de Mantenimientos.....	96
TABLA N°1-18. Ventajas o Desventajas De Los Mantenimientos.....	97
Grafico N°1-5 comparativo de los tipos de mantenimientos.....	97
3.10 MANTENIMIENTO SINTOMATICO PREDICTIVO.....	98
3.11 MANTENIMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR.....	99
3.11.1 Procedimientos mantenimiento diario.....	99
3.11.2 Procedimientos mantenimiento mensual.....	99
3.11.3 Procedimientos mantenimiento trimestral.....	100
3.11.4 Procedimientos mantenimiento anual.....	100
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>101</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>102</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>103</b>
DECRETO SUPREMO N° 10.....	103

## **SIGLAS Y SIMBOLOGIA.**

### **SIGLAS.**

CCV : costo de siglo de vida.

MINSAL: Ministerio de Salud.

ASME : Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.

D10 : Decreto diez.

### **SIMBOLOGIA.**

P : Presión

H :Entalpia.

Kg : kilogramo

Cm<sup>2</sup> : centímetro cuadrado

Mts : metros

MPa : mega pascales

Psi : libras por pulgada cuadrada

°C : grados Celsius

°F : grados Fahrenheit

M<sup>3</sup> : metro cubico.

Kj : kilo joule

Kpa : kilo pascal.

mm : milímetros.

S : Segundos.

K : kelvin.

J : joule

W : trabajo

## INTRODUCCION.

La historia de la humanidad ha ido evolucionando en base al desarrollo de sus avances tecnológicos y científicos, una etapa importante de este progreso fue la Revolución Industrial, considerada como la época en la que se gestó el mayor cambio tecnológico, socioeconómico y cultural, con la creación de la primera máquina a vapor se sustituyó el uso de la energía humana y animal por energía de vapor y ya desde finales del siglo XIX, este ha sido un elemento fundamental para diversos procesos productivos, y si bien su uso se ha visto reemplazado en ciertas aplicaciones, en muchos procesos industriales este sigue siendo un componente esencial.

Considerando lo anterior y de acuerdo con lo aprendido durante el periodo de estudio, me ha parecido importante conocer el comportamiento de los fluidos, puesto que, existe mucha información respecto a este tema, pero no se le da el énfasis suficiente, es por esto, que el presente informe está destinado a crear un plan de mantenimiento preventivo en las redes de distribución vapor dentro de la industria.

Se han identificado algunas barreras que impiden lograr una mayor eficiencia en las industrias que consumen vapor, como:

- Existen pocos estudios profesionales con suficiente detalle sobre medidas de ahorro energético en los sistemas de vapor, que permitan la toma de decisiones en las empresas industriales.
- El conocimiento especializado sobre la producción y uso eficiente del vapor es sensiblemente mejorable, tanto dentro de las empresas manufactureras como por los técnicos o asesores que trabajan en el sector.
- En ocasiones no existe una estructura organizativa en las empresas industriales que permita aplicar las medidas de eficiencia energética detectadas y la gestión adecuada energía.

En la actualidad es imprescindible, la implantación de una estrategia de mantenimiento preventivo planificado, para aumentar la vida de sus componentes, mejorando así la disponibilidad de sus equipos y su confiabilidad, lo que repercute en la productividad de la planta.

## **OBJETIVO GENERAL**

Generar un análisis de las líneas de vapor de aplicación industrial, con el fin de hacer una revisión del estado de la eficiencia energética, y desarrollar una propuesta de control y de mantenimiento.

## **OBJETIVO ESPECIFICO.**

1. Conocer los fundamentos de generación de vapor y sus principales áreas en el uso de estas en la industria.
2. Adoptar propuestas de análisis y mantención para redes de vapor.
3. Analizar los costos relacionados con la eficiencia y las pérdidas de vapor por un mal uso y control.

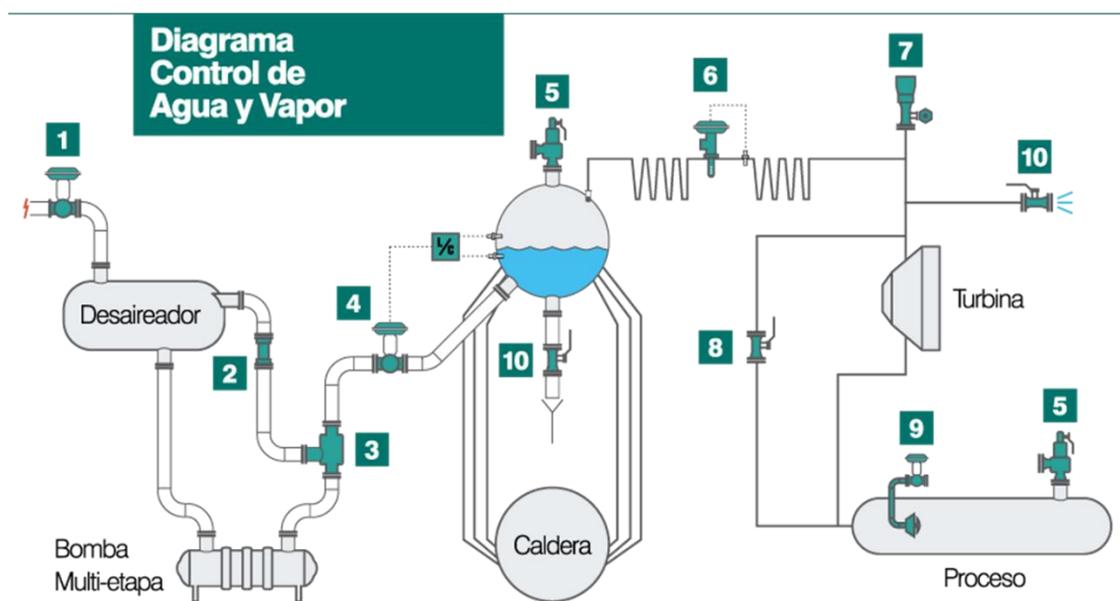
**CAPITULO 1: VAPOR.**

## 1.1 ¿CÓMO SE GENERA EL VAPOR?

El sistema de distribución de vapor lleva implícitamente un esquema básico, que consiste en un punto de generación y un punto de utilización como medio de transporte, para llegar de un punto a otro, se debe disponer de una red de tuberías que lo enlacen.

Es necesario que, desde un inicio, se comprenda el circuito de vapor básico, o el “circuito de vapor y condensado<sup>1</sup>”. El flujo de vapor en un circuito se debe a la condensación del vapor, que es el resultante de una caída de presión. Esto conduce el flujo del vapor a través de las tuberías.

A continuación, veremos una imagen de un sistema básico de generación de vapor.



Fuente: <http://www.scfingenieria.com/soluciones-control-de-agua-y-vapor-en-calderas-acuotubulares.html>

*Ilustración 1-0-1 Esquema básico de una red de distribución de vapor.*

<sup>1</sup> Es el líquido formado cuando el vapor pasa de fase gas a fase líquida. <https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/introduction-to-condensate-recovery.html>

El agua entra en la caldera en forma de líquido subenfriado <sup>2</sup>o saturado y sale en forma de vapor saturado o recalentado. A la salida de la caldera, el vapor hay que transportarlo mediante una red de tuberías apropiadas y que permitan establecer del mismo en el punto de utilización. Es significativo entender el modo de aprovechamiento de la entalpía (H)<sup>3</sup> que transporta el vapor. De esta forma la transferencia de calor en el punto de uso se debe fundamentar en aprovechar adecuadamente esta entalpía de condensación para que a la salida del intercambiador se produzca líquido saturado o subenfriado. Además, se evitará el consumo de reactivos que supone acondicionar el agua de red a las características químicas exigidas a la entrada de la caldera.

Este tipo de aprovechamiento de entalpía latente a temperatura constante sigue con descenso de la presión y le concede a la red de distribución de vapor una particularidad única y es que, debido a la desigualdad de presiones de las dos redes, el fluido fluye sin la necesidad de ocupar equipos de bombeo, minimizando los elementos de bombeo del fluido térmico a las bombas de entrada de condensado en caldera, con la relacionada reducción de costos de instalación y mantenimiento.

#### 1.1.1 ELEMENTOS QUE COMPONEN UN SISTEMA BASICO DE GENERACION DE VAPOR.

Una red de distribución de vapor, en un inicio está constituida, al igual que cualquier red de distribución de un fluido, por tuberías y accesorios. La misma naturaleza y comportamiento del vapor, hace que los elementos constructivos de la red tengan que tener unas características específicas en vínculo con el de la conducta frente a la temperatura y la presión que han de soportar. Por otro lado, al contener un fluido a muy alta temperatura, toda la red debe estar dotada del aislamiento térmico apropiado que evite fugas térmicas que son producto de una instalación ineficiente.

Los sistemas de generación de vapor (industrial, comercial, institucional) tienen cuatro áreas principales:

1. Generación
2. Distribución
3. Usos finales y/o cogeneración
4. Recuperación de condensado

---

<sup>2</sup> Líquido que al agregar energía (calor), una fracción de él pasa a fase vapor. [https://www.cec.uchile.cl/~roroman/cap\\_07/vapor01.htm](https://www.cec.uchile.cl/~roroman/cap_07/vapor01.htm)

<sup>3</sup> El flujo de energía térmica en los procesos químicos efectuados a presión constante cuando el único trabajo es de presión-volumen. [https://es.wikipedia.org/wiki/Entalp%C3%ADa#cite\\_note-1](https://es.wikipedia.org/wiki/Entalp%C3%ADa#cite_note-1)

Si hacemos una indagación en detalle, se podrá comprobar la existencia de las cuatro áreas en la mayoría de los sistemas industriales de vapor. Si bien, puede ser que los sistemas más pequeños y las plantas institucionales necesiten de un sistema de distribución digno de consideración. Por otra parte, cada una de las cuatro áreas tiene diferentes componentes. Es probable que haya un componente con varias unidades, todas desempeñando la misma función.

Los principales componentes de un sistema de vapor industrial (desglosados por área) son:

➤ **Generación**

- Calderas
- Auxiliares de las calderas (ventiladores de tiro forzado y de tiro inducido, controles, etcétera)
- Economizadores
- Precalentadores de aire
- Equipos de tratamiento de agua
- Desgasificador
- Bombas de agua de alimentación
- Equipo de almacenamiento y manipulación de combustible

➤ **Distribución**

- Tuberías de vapor
- Estaciones de alivio de presión (válvulas)
- Ramales de purga
- Acumuladores de vapor
- Desobrecalentadores

➤ **Usos finales y/o cogeneración**

- Intercambiadores de calor
- Columnas de separación
- Evaporadores
- Tanques de cocción
- Secadoras
- Equipo de calentamiento por proceso de inyección de vapor vivo
- Turbinas de vapor

➤ **Recuperación de condensado**

- Trampas de vapor
- Tanques de recopilación de condensado
- Bombas de condensado
- Tuberías de condensado

## **1.2 CALDERAS Y GENERADORES DE VAPOR.**

Cabe mencionar que en el artículo n°2 del decreto N° 10 del ministerio de salud define una caldera de vapor como “Caldera diseñada para generar vapor de agua, cuya presión manométrica<sup>4</sup> máxima de trabajo es igual o superior a 0,5 kg/cm2.”

Se le conoce como generador de vapor al conjunto o sistema formado por una caldera y sus accesorios.

Los objetivos de una caldera de vapor son: Generar vapor para plantas de fuerza, procesos industriales o calefacción y producir agua caliente para calefacción y uso común.

Su principio básico de funcionamiento consta de una cámara donde se crea la combustión<sup>5</sup>, con la ayuda del aire comburente y mediante una superficie de intercambio se realiza la transferencia de calor.

La estructura real de una caldera dependerá de los requerimientos técnicos-específicos, sin embargo, podemos explicar sus partes de una manera más generalizada.

- Quemador: sirve para quemar el combustible.
- Hogar: contiene al quemador en un interior y es aquí en donde se realiza la combustión del combustible usado en la generación de gases calientes.
- Tubos de intercambio de calor: aquí se generan las burbujas de vapor, el flujo de calor que parte desde los gases hasta el agua y se efectúa mediante su superficie.

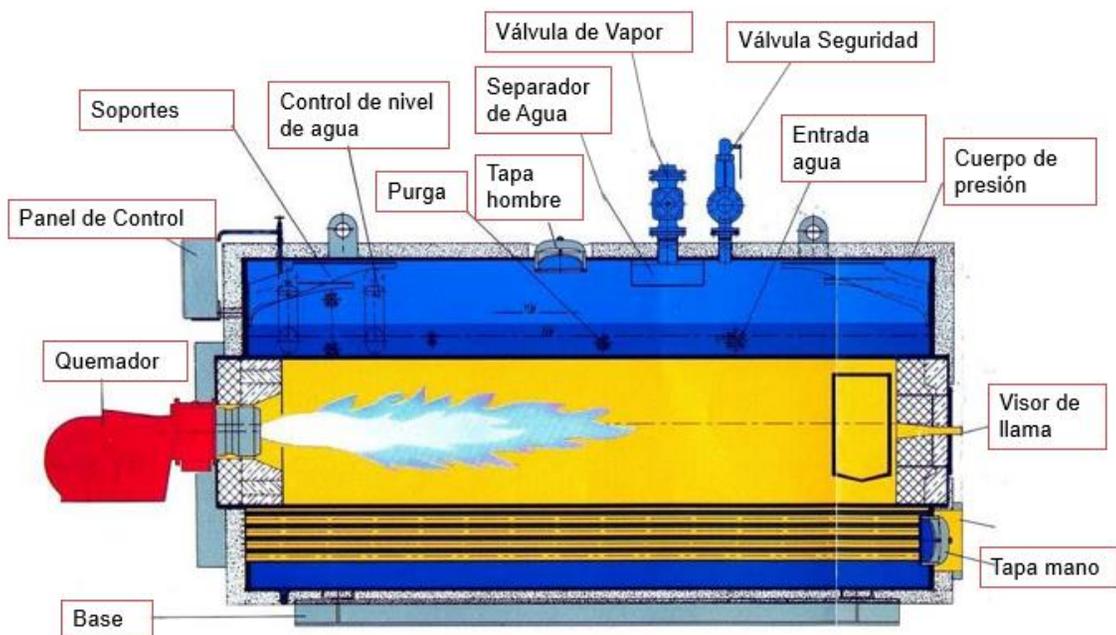
---

<sup>4</sup> Diferencia entre la presión absoluta o real y la presión atmosférica.  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Presi%C3%B3n\\_manom%C3%A9trica](https://es.wikipedia.org/wiki/Presi%C3%B3n_manom%C3%A9trica)

<sup>5</sup> Conjunto de procesos físico- químico, por los cuales se libera controladamente parte de la energía interna del combustible (energía química) que se manifiesta al exterior bajo la forma de calor.  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Combusti%C3%B3n#cite\\_note-3](https://es.wikipedia.org/wiki/Combusti%C3%B3n#cite_note-3)

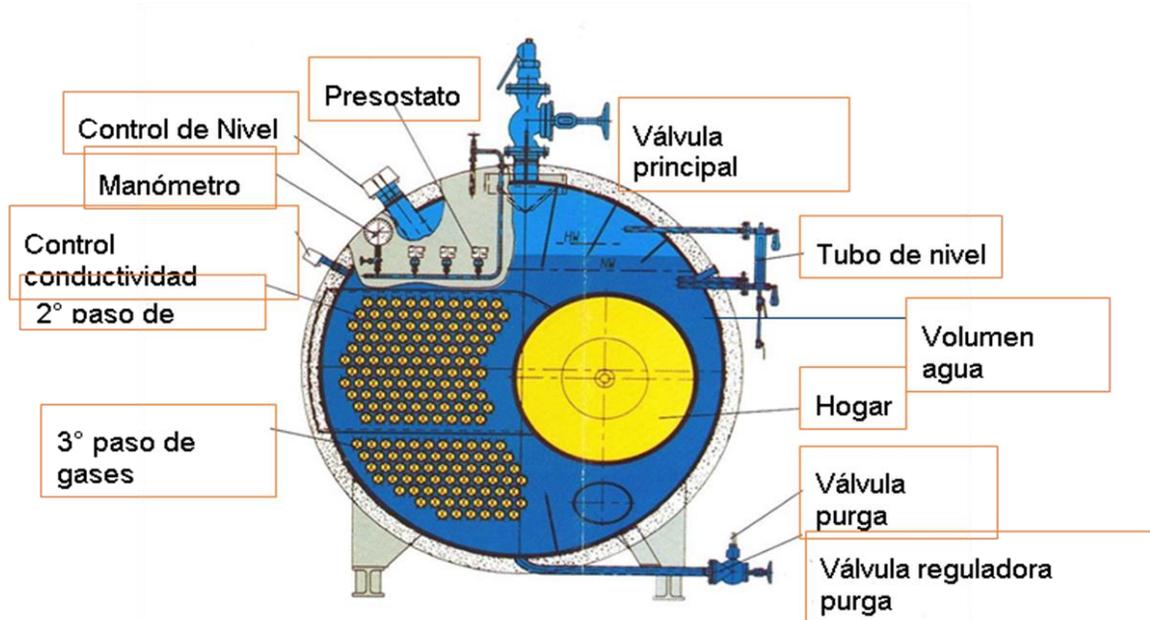
- Separador liquido- vapor: es fundamental para separar las gotas de agua líquida con los gases aun calientes, este proceso ocurre antes de alimentar a la caldera.
- Chimenea: después de ceder el calor al fluido, esta es la vía de escape de los humos y gases de combustión.
- Carcasa: contiene al sistema de intercambio de calor y el hogar.

## PARTES PRINCIPALES DE LAS CALDERAS



Fuente: <https://slideplayer.es/slide/4126704/>

*Ilustración 1-0-2 Partes principales de una caldera.*



Fuente: <https://slideplayer.es/slide/4126704/>

*Ilustración 0-3 Partes principales de una caldera.*

### 1.2.1 TIPOS DE CALDERAS.

De acuerdo con la realidad actual industrial que existe en nuestro país, especificaremos dos tipos de calderas a continuación, daremos una breve descripción de las que son más comunes en Chile:

#### 1.2.1.1 TUBOS DE HUMOS O PIROTUBULARES.

En este tipo de calderas, los humos pasan dentro de los tubos, cediendo su calor al agua que los rodea.

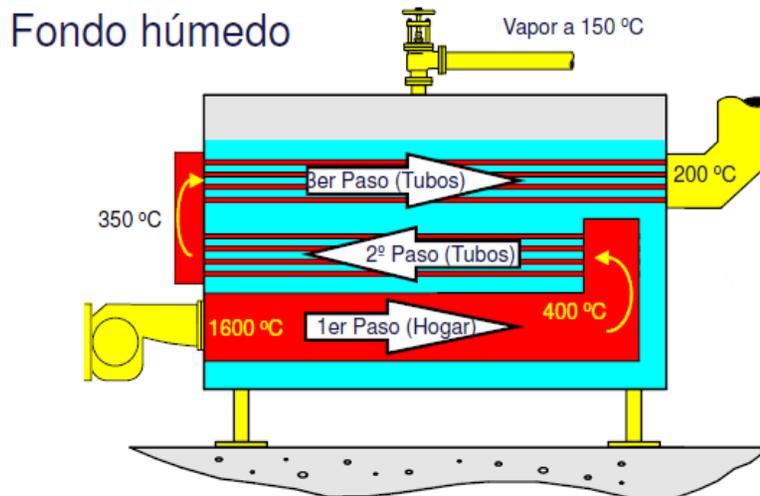
Características: Se fabrican de tamaño limitado, por problemas de resistencia de materiales. Sus dimensiones alcanzan a 5 mts de diámetro y 10 mts. de largo.

Se utilizan normalmente para presiones máximas de alrededor de 20 bar<sup>6</sup> y consumos de hasta 30 toneladas de vapor por hora.

Estas calderas son económicas, de alto rendimiento y de fácil mantenimiento.

---

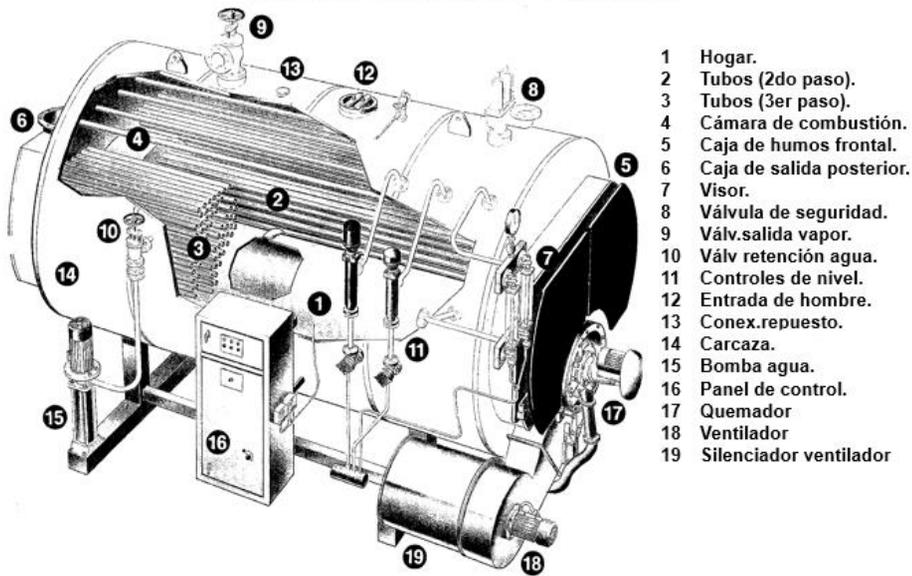
<sup>6</sup> Unidad de presión, equivalente a un millón de barias, aproximadamente igual a una atmósfera (1 atm).  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Bar\\_\(unidad\\_de\\_presi%C3%B3n\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Bar_(unidad_de_presi%C3%B3n))



Fuente: <https://www.soloejemplos.com/ejemplo-de-tipos-de-calderas/>

Ilustración 1-0-4 Caldera de Humo o piro tubular.

## Caldera Humotubular



Fuente: <https://www.soloejemplos.com/ejemplo-de-tipos-de-calderas/>

Ilustración 1--0-5 Parte de una caldera piro tubular.

Tabla 1-1 ventajas y desventajas de calderas piro tubulares o humotubulares.

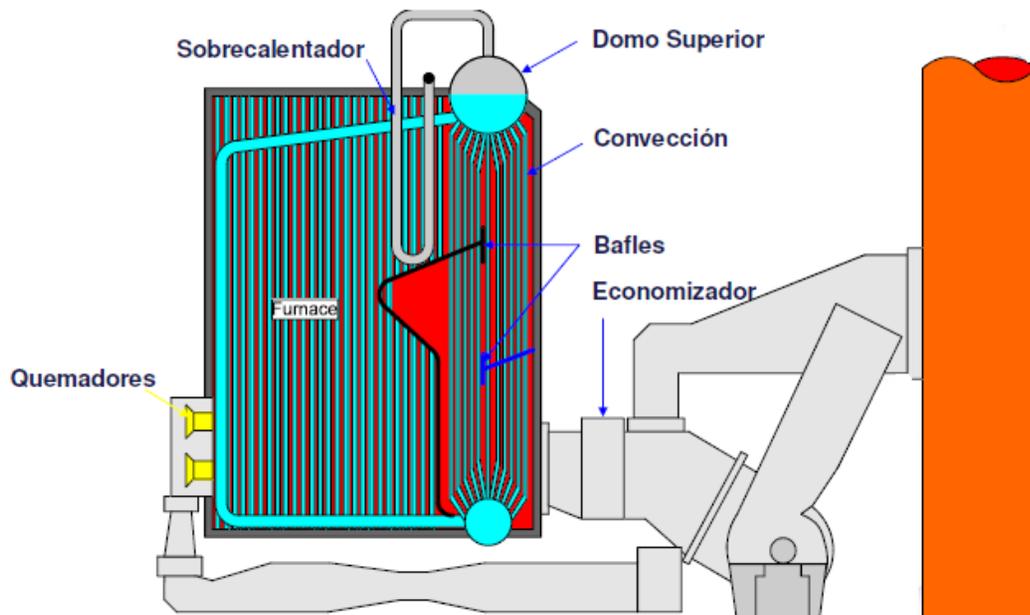
Ventajas	Desventajas
Es de diseño simple en comparación con las calderas acuotubulares de igual capacidad, por ende, tiene un menor costo inicial.	Es de mayor tamaño y peso que las acuotubulares de igual capacidad.
Tienen un gran volumen de agua que permite absorber fácilmente las fluctuaciones de la demanda, por lo tanto, tienen mayor flexibilidad de operación.	Tienen un mayor tiempo para subir la presión y entrar en funcionamiento.
Tienen menores exigencias de pureza en el agua de alimentación, ya que las incrustaciones formadas en el exterior de los tubos son fáciles de atacar y son eliminadas por las purgas.	Son de gran peligro en caso de ruptura o exposición, debido al gran volumen de agua almacenado.
Facilidad de inspección, reparación y limpieza.	No se pueden emplear para altas presiones.

Fuente: Elaboración propia.

#### 1.2.1.2 TUBOS DE AGUA O ACUOTUBULARES.

En este tipo de calderas el agua circula dentro de los tubos, captando calor de los gases calientes que pasan por el exterior. Son más seguras y se usan generalmente para presiones altas.

Estas calderas son apropiadas cuando el requerimiento de vapor, en cantidad y calidad son altos.



Fuente: <https://www.soloejemplos.com/ejemplo-de-tipos-de-calderas/>

Ilustración 1-0-6Ejemplo de caldera acuotubulares.

Tabla 1-2 Ventajas y desventajas de calderas acuotubulares.

Ventajas	Desventajas
Tienen un menor peso por unidad de potencia generada.	Tienen un costo elevado.
Pueden ser puestas en marcha rápidamente, debido a tener un pequeño volumen de agua en relación con su capacidad de evaporación.	Tienen que ser alimentadas con agua de gran pureza, ya que las incrustaciones en el interior de los tubos son, a veces inaccesibles y pueden provocar roturas de estos.
Mayor eficiencia.	Le es más difícil ajustarse a las grandes variaciones del consumo de vapor, debido al pequeño volumen de agua, por lo que es necesario hacerlas funcionar a mayor presión de la requerida.
Mayor seguridad para altas presiones.	
Son inexplosivas.	

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, daremos una guía muy general para la selección de calderas.

Si en una planta se desea instalar una caldera en donde su consumo es irregular, es decir, que hay momentos de gran demanda alternados con otros de poco o ningún consumo, la caldera más recomendable será una del tipo de gran volumen de agua.

Para aquellos casos en que la demanda es pareja en toda la jornada de trabajo, la caldera recomendable será una de tubos múltiples de humo, ya que tienen un alto rendimiento y buena producción de vapor.

Si se requiere de una caldera de alta presión, serán adecuadas las acuotubulares, las que además producen grandes cantidades de vapor con un alto rendimiento.

Cuando es importante la calidad del vapor que se desea obtener, es decir, si se requiere vapor seco o húmedo, lo que dependerá del uso a que este destinada, la caldera deberá disponer o no de un accesorio que permita mejorar la calidad del vapor que puede ser el caso de las calderas provistas de “domo<sup>7</sup>” o de sobre calentadores de vapor.

***Nota: Para cualquier tipo de caldera a seleccionar, esta elección deberá ser hecha por un profesional idóneo que garantice que la caldera elegida finalmente es la más adecuada.***

### 1.2.2 MANTENIMIENTO DE CALDERAS.

Como todo equipo industrial las calderas requieren mantenimiento e inspecciones periódicas para asegurar su correcto, seguro y eficiente funcionamiento. Es por esto, que propongo un plan de mantenimiento anual en el que se ven tareas de inspección de significativa importancia para detectar preventivamente la mayoría de las averías.

- Inspección interna del cuerpo de presión, placas, hogar y haz tubular para controlar la formación de incrustaciones o corrosión de los materiales constructivos. Es importante que se tomen fotografías del estado para tener un registro histórico de la caldera. En muchas oportunidades es trascendental tener esta información para volver a una condición anterior favorable.
- Hidro lavado de lodos depositados en el fondo del cuerpo en caso de que existieran.

---

<sup>7</sup> Pequeño cilindro ubicado en la parte superior de la cámara de vapor, que contribuye a mejorar la calidad del vapor (hacerlo más seco).  
<https://www.achs.cl/portal/trabajadores/Capacitacion/CentrodeFichas/Documents/descripcion-de-caldera-y-generadores-de-vapor.pdf>

- Cambio de juntas de puertas de inspección, instalar siempre materiales de junta nuevos y revisar asientos de tapas.
- Medición de espesores de chapa en placas, hogar y cuerpo cilíndrico por ultrasonido, registrar también estos valores. Puede resultar necesario recalcular la presión de trabajo máxima si están reducidos estos espesores.
- Desarmado de elementos de seguridad por bajo nivel. En el caso de los controles de nivel electromagnéticos revisar flotantes, botellones, verificar juego en mecanismos, controlar la integridad de las ampollas de mercurio y controlar que la aislación de los cables no se encuentre deteriorada. Para los electrodos las tareas son de limpieza partes en contacto con el agua, verificación de alineación, aislación y sellos.
- Prueba hidráulica del equipo a presión de trabajo. Se realiza para verificar que no existan fugas previas al mantenimiento o bien posteriores (juntas de puertas de inspección, bridas, roscas, etc.)
- Verificación de apertura de válvulas de seguridad a la presión regulada. Si es posible, retirarlas para su timbrado en banco de pruebas.
- Inspección del estado de refractarios<sup>8</sup> en quemador o fondos secos. Rellenar grietas si existieran o reemplazar las piezas dañadas con los materiales adecuados y teniendo en cuenta los tiempos de fragüe.
- Verificación del estado interno del quemador y limpieza de este. Verificar el estado de cables y fichas de conexión.
- Simulación de condiciones de falla del quemador.
- Puesta en marcha del equipo donde se comprobará el funcionamiento de los elementos de control y seguridad.
- Prueba de presostatos<sup>9</sup> de seguridad eliminando eléctricamente al de corte normal.
- Hacer mantenimiento de la pintura de la caldera y accesorios.
- Análisis de gases y regulación de combustión. Mediante este proceso se determinará el porcentaje de los siguientes gases: O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y CO. Además, se medirá la temperatura de los gases en la chimenea y el rendimiento térmico de la caldera.
- Elaboración de un informe técnico con los resultados obtenidos en la medición de eficiencia de combustión y sobre el estado general del equipo, manteniendo un historial.

---

<sup>8</sup> Tipo de revestimiento para soportar altas temperaturas sin deformarse. [https://es.wikipedia.org/wiki/Material\\_refractario](https://es.wikipedia.org/wiki/Material_refractario)

<sup>9</sup> es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido. <https://es.wikipedia.org/wiki/Presostato>

TABLA 1.3 FALLAS MAS COMUNES EN LAS CALDERAS Y FORMAS DE LOCALIZARLOS.

Falla	Causa	corrección
1. Se enciende el piloto, pero la válvula principal de combustible no se abre	Fotocélula <sup>10</sup> sucia.	Limpiar el lente de la fotocélula.
	Control electrónico defectuoso.	Comprobar conexiones, relés <sup>11</sup> , etc.
	Modulador no está en la posición de arranque.	Esperar que llegue a la posición de arranque o revisar las conexiones.
	Bobina de la válvula solenoide quemada.	Cambiar bobina a la válvula solenoide.
	No hay combustible.	Revisar línea de combustible.
	Pirostato defectuoso.	Revisar y ajustar el pirostato.
2. Caldera expulsa mucho humo.	Falta de regulación en el dámper <sup>12</sup> .	Regularlo.
	Entrada de aire incorrecta.	Regular dámper, limpiar turbina de aire.
	Excesivo retorno de combustible.	Ajustar línea de retorno.
	Exceso de precalentamiento de la temperatura de combustible.	Regular la temperatura.
	Boquillas defectuosas.	Limpiar boquillas, sustituirlas en caso necesario. Úsese boquillas de tamaño correcto.
	Exceso de presión en la bomba de combustible.	Regular línea de retorno de combustible.

<sup>10</sup> dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que percibe la luz generada por el emisor. [https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor\\_fotoel%C3%A9ctrico](https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_fotoel%C3%A9ctrico)

<sup>11</sup> dispositivo electromagnético. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán. <https://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9>

<sup>12</sup> Regulador de tiro, para la entrada de aire. [http://www.thermal.cl/docs/articulos\\_tecnicos/articulo\\_comparacion\\_de\\_calderas.pdf](http://www.thermal.cl/docs/articulos_tecnicos/articulo_comparacion_de_calderas.pdf)

3. El quemador no funciona, no enciende la llama principal.	Desajuste del control de ignición.	Revisar y ajustar el control de ignición.
	Boquillas defectuosas.	Limpiarlas, controlarlas y en caso necesario sustituirlas.
	Entrada de aire incorrecta.	Regular el dámper, limpiar turbina de aire.
	Agua en el combustible.	Purgar el tanque de combustible semanalmente, limpiar filtro de bomba.
	Transformador de ignición defectuoso.	Comprobarlo y en caso necesario sustituirlo.
	Electrodos defectuosos.	Sustituirlos.
	Mala regulación de los electrodos.	Calibrar <sup>13</sup> los electrodos.
4. Alimentación de agua defectuosa.	Impulsor de la bomba malo.	Sustituir el impulsor.
	Excesiva temperatura del agua.	Revisar líneas por trampas defectuosas, poner tanque de condensado más grande, o reducir la temperatura del agua.
	Tubería de entrada defectuosa.	Desatorar la tubería de alimentación.
	Válvula check entre la bomba y la caldera defectuosa.	Cambiar check.

<sup>13</sup> proceso de comparar los valores obtenidos por un instrumento de medición con la medida correspondiente de un patrón de referencia (o estándar). <https://es.wikipedia.org/wiki/Calibración>

5.La caldera no enciende.	El Stich del dámper no funciona.	Sustituirlos.
	Boquillas tapadas.	Destaparlas.
	No hay chispa.	Revisar el transformador y el control de ignici3n.
	No llega combustible.	Tanque puede estar obstruido. Línea de combustible obstruida. Válvula cerrada. La bomba no funciona.
	Presencia de agua en el combustible.	Purgar el tanque de combustible semanalmente, limpiar filtro de bomba.
	Falsos contactos en las borneras del tablero principal.	Limpiar contactos y ajustarlos.
	Exceso de aire.	Regular el dámper.
6.Tubos cortados	Aplicaci3n defectuosa del expansor de tubos.	Aplicar el expansor de tubos con la técnica correcta.
7.Tubos perforados.	Corrosi3n; excesivas incrustaciones; presencia de oxígeno.	Mejorar el tratamiento de agua y efectuar continuo control de oxígeno y de PH. Purga más frecuente.
8.Tubos torcidos, fugas en el as juntas, fugas en los extremos, tubos rotos.	Bajo nivel de agua.	Sistema de bajo nivel de agua defectuoso, desperfectos en el flotante, o desperfectos en el sistema de alimentaci3n.
	Métodos incorrectos de arranque y parada.	Seguir los procedimientos correctos de arranque y parada.
	Golpe de llama.	Ajustese el quemador.

9.No hay descarga de agua a la caldera con la bomba funcionando	Velocidad baja.	Revisar las conexiones eléctricas.
	Presión de descarga alta.	Limpiar la tubería de descarga.
	Impulsor obstruido.	Descarga hacia atrás. Desensamblar la bomba y eliminar la obstrucción.
	Succión obstruida.	Desmontar y limpiar el filtro, limpiar la tubería de succión.
	La bomba gira en sentido contrario al indicado en la carcasa.	Invierta las dos fases en el motor, si es de una fase cambiarlo.
10.la descarga de la bomba es deficiente.	No llega agua a la bomba.	Revisar la tubería de alimentación.
	Velocidad baja.	Revisar las conexiones eléctricas.
	Presión de descarga alta.	Limpiar la tubería de descarga.
	Impulsor obstruido.	Descarga hacia atrás. Desensamblar la bomba y eliminar la obstrucción.
	Impulsor dañado.	Cambiar de impulsor.
	Anillos dañados.	Cambiar anillos.
11.Excesivo ruido en la bomba.	Materia extraña en el impulsor.	Desensamblar la bomba y quitar la obstrucción.
	Altura de descarga alta.	Limpiar tubería de descarga.
	Zumbido magnético.	Revisar el motor.
	Deterioro de rodamientos.	Desensamblar la bomba y cambiarlos.

12.Vibracion excesiva de la bomba.	Materia extraña en el impulsor.	Desensamblar la bomba y limpiar el impulsor.
	Impulsor dañado.	Cambiar impulsor.
	Desalineamiento de la bomba y motor eléctrico.	Alinearlos.
	Deterioro de rodamientos.	Desensamblar la bomba y cambiarlos.
	Tuberías de descarga mal montada.	Asegurar la tubería de descarga.

Fuente : Elaboración propia.

### **1.3 CALIDAD DEL VAPOR DE AGUA.**

La calidad del agua con la que se alimenta una caldera de vapor está asociada directamente con la vida útil de esta. Una caldera que opera sin un control adecuado de las propiedades del agua pone en riesgo la inversión y seguridad del área circundante. Por lo que un tratamiento deficiente del agua puede traer un mayor consumo de combustible, agua de productos químicos debido a incrustaciones y purgas excesivas. Es importante un buen tratamiento de agua para que la caldera opere de forma segura y confiable. De acuerdo con la presión de trabajo cada caldera requiere una calidad de agua.

El agua natural sin tratar contiene sustancias disueltas, particularmente sales de sodio, calcio, magnesio, hierro entre otros.

En estado coloidal existe sílice y óxido de hierro, también contiene gases del aire como oxígeno (O<sub>2</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), cuando está en estado líquido. Si estas sustancias llegan a la caldera producen diversos efectos como algunos propuestos en esta tabla.

TABLA 1-3 EFECTOS DE UN MAL TRATAMIENTO DE AGUAS DE CALDERA.

Efectos	Descripción	Imagen
Incrustaciones	<p>Ensuciamiento de los tubos internamente, debido a la dureza del agua por presencia de sales de magnesio y calcio. Estas incrustaciones evitan la transferencia de calor de los gases a través de los tubos hacia el agua, generando disminución en la eficiencia del equipo y pérdidas de energía. La presencia de incrustaciones de 1/16” en una caldera pirotubular produce un incremento de 6,4% en el consumo de combustible.</p>	
Pitting o Picadura	<p>La picadura es un ataque localizado en la tubería por presencia de oxígeno en el agua. Para evitar la presencia de este elemento en el agua de alimentación es necesario buscar la poca solubilidad del oxígeno en el agua aumentando presión o temperatura. Puede usarse un desaireador o químicos a base de sulfito o cromato de sodio.</p>	

Corrosión	Ataque general y no localizado, causado por bajos valores de PH El valor de esta variable del agua debe estar entre 10,5-11,5. Para neutralizar los ácidos se utilizan soluciones básicas.	
Sedimentación	Presencia de sólidos disueltos o en suspensión los cuales causan taponamiento de elementos de monitoreo, tales como el visor de nivel o dañar equipos de control. Para evitar la sedimentación pueden emplearse la purga continua y de fondo de la caldera y utilizar químicos a base de sulfito o cromato de sodio.	

Fuente Armstrong 2009

## **1.4 FUNDAMENTOS DEL VAPOR DE AGUA.**

### **1.4.1 VAPOR COMO FUENTE DE CALOR.**

El vapor es especialmente conocido por sus aplicaciones en calentamiento y por esto existen dos tipos:

❖ **Calentamiento directo de vapor:**

El vapor está en contacto directo, con el producto que está siendo calentado. Este método es habitualmente usado en las industrias para cocinar, esterilización<sup>14</sup>, vulcanización y otros procesos.

❖ **Calentamiento indirecto de vapor:**

<sup>14</sup> proceso por el cual se obtiene un producto libre de microorganismos viables. <https://es.wikipedia.org/wiki/Esterilización>

Este método se refiere a los procesos en donde el vapor no entra en contacto directo con el producto a calentar. Es considerablemente usado en la industria ya que proporciona un calentamiento rápido y parejo. Este modo habitualmente utiliza un intercambiador de calor para calentar el producto como por ejemplos: hervidores enchaquetados, tipo tubos y coraza tipo placa y los tipos de tubos aletados (aletas de placas y aerofín). Esta manera de utilizar un intercambiador de calor para calentamiento no está acotado al uso del vapor como la única vía posible de calor; otros medios de calor, tales como: agua caliente y aceite, igual se pueden emplear.

El beneficio de este método es que las gotas de agua formadas durante el calentamiento no afectan al producto, de manera que el vapor puede ser usado en un sinnúmero de aplicaciones como por ejemplo secado, hervimiento, derretimiento, etc.

También es usado en un gran rango de procesos como la preparación de alimentos y bebidas, neumáticos, papel, cartón, combustibles como la gasolina y para medicina solo por nombrar algunos.

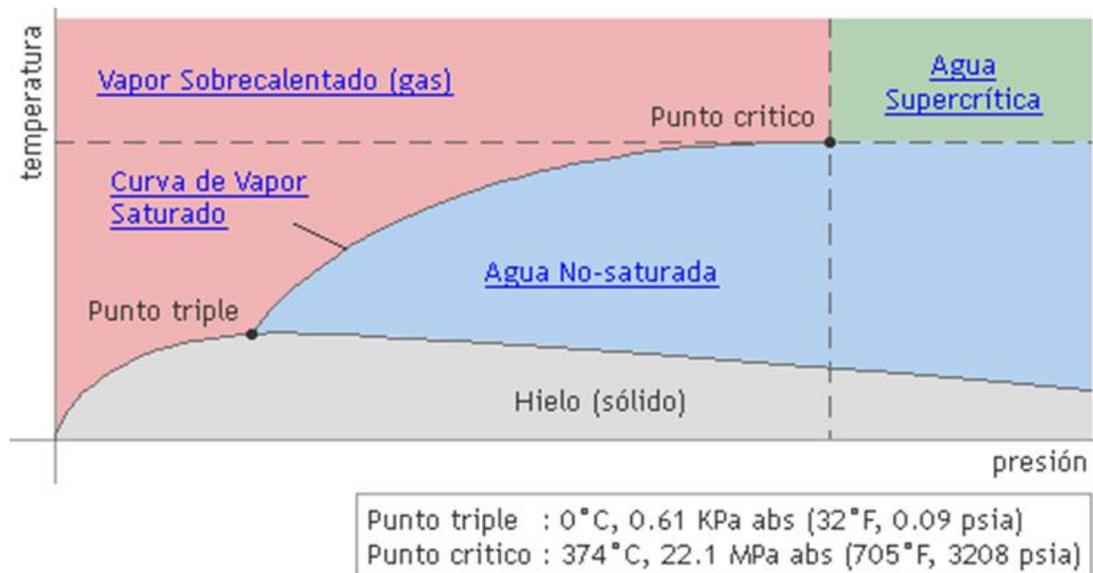
#### 1.4.2 TIPOS DE VAPOR DE AGUA.

Si le aplicamos temperatura al agua sobre su punto de ebullición, esta se convierte en gas o vapor de agua, si bien, no todo el vapor es igual, las características cambian de gran forma, dependiendo de la temperatura y presión de la cual se requiera su uso o aplicación. En las empresas que usan el vapor, utilizan dos formas: vapor seco (igualmente llamado “vapor saturado”) y vapor húmedo.

- ❖ Vapor seco: Todas sus moléculas se mantienen en estado gaseoso.
- ❖ Vapor húmedo: Es cuando un fragmento de sus moléculas de agua ha cedido energía (calor latente) y el condensado se transforma en pequeñas gotas de agua.

En este párrafo analizaremos los tipos de vapor y sus características.

- Relación Temperatura-Presión del agua y vapor



Fuente: [www.tlv.com](http://www.tlv.com)

Ilustración 1-7 Relación temperatura, presión del agua y vapor.

Este gráfico muestra los resultados del vapor seco (saturado) en el momento en que al agua se le aplica temperatura hasta llegar al punto de ebullición (calor sensible), para luego ser evaporada con más energía (calor latente). Si este vapor más adelante es calentado sobre el punto de saturación, se transforma en vapor sobrecalentado (calor sensible).

#### 1.4.2.1 VAPOR SATURADO.

Llamado en la industria como vapor seco, sucede cuando a temperaturas y presiones en las cuales el agua (líquida) y el vapor (gas) consiguen convivir juntos. En diferentes términos, esto sucede cuando el rango de vaporización del agua es igual al rango de condensación.

TABLA 1-4 Beneficios del empleo de vapor seco para calentamiento.

El vapor seco tiene diversas características que lo convierte en una magnífica fuente de calor, propiamente a temperaturas de 100°C (212°F) y en aumento. Por ejemplo:

Características	Beneficios
Calentamiento proporcionado por medio de la transferencia de calor subyacente y rápido.	Incrementa la producción y la calidad del producto.
La presión puede regular la temperatura.	La temperatura se puede establecer en forma precisa y rápida.
Elevado coeficiente de transferencia de energía (calor).	Superficie de transmisión de calor solicitada es menor, permitiendo la disminución del costo inicial del equipo.
Se genera del agua.	Limpio, seguro y de bajo costo.

Fuente: Elaboración propia.

Cuando se calienta con vapor saturado ahí que tener presente lo siguiente:

- No todo el vapor generado en una caldera es vapor seco, también se genera vapor húmedo, este contiene ciertas partículas de agua no vaporizadas, por lo tanto, la eficiencia de calentamiento se puede ver disminuida si se usa un vapor diferente al vapor seco para los procesos de calentamiento.
- Al instalar trampas de vapor en los lugares apropiados se remueve el vapor húmedo, producido por las pérdidas de calor por radiación, ya que, esta ocasiona que una porción de vapor se condense, por lo que el vapor húmedo generado se vuelve aún más húmedo e inclusive de forma más condensado.
- El vapor húmedo que es conducido disminuirá la eficiencia de calentamiento, y deberá ser eliminado por medio de estaciones de separación en el punto de uso o en la distribución, el condensado el cual es más pesado caerá del flujo de vapor y este puede ser quitado a través de piernas de condensado y trampas de vapor.
- El vapor que incide en las pérdidas de presión debido al exceso de roce en las tuberías y accesorios puede resultar incluso pérdidas en temperatura.

#### 1.4.2.2 VAPOR HUMEDO.

Es la manera más común de vapor que se puede ver en las plantas. Cuando se genera vapor por medio de una caldera, generalmente contiene humedad derivada de las moléculas de agua no vaporizadas, las cuales son conducidas hacia las líneas de distribución de vapor. Inclusive las mejores calderas pueden descargar vapor conteniendo de un 3% a un 5% de humedad. Al momento en que el agua se aproxima a un estado de saturación y empieza a evaporarse, normalmente, una pequeña parte de esta agua se transforma en gotas y es arrastrada en el flujo de vapor a los puntos de distribución, esta es una parte importante ya que la separación es utilizada para remover el condensado de la línea de distribución.

#### 1.4.2.3 VAPOR SOBRECALENTADO.

Este vapor contiene una mayor temperatura y menor densidad que el vapor saturado a una misma presión, se origina por el sobrecalentamiento del vapor húmedo o saturado para adquirir un punto mayor al de saturación. Normalmente no es usado para las aplicaciones de transferencia de calor, pero si para aplicaciones como lo son las turbinas.

#### *Beneficios del empleo de vapor sobrecalentado para impulsar turbinas.*

- Mejora la eficiencia térmica y capacidad laboral, por ejemplo, para conseguir grandes cambios en el volumen específico del estado sobrecalentado a menores presiones e incluso a vacío.
- Mantiene la sequedad del vapor para los equipos impulsados por él, para los que su rendimiento se ve afectado por la existencia de condensado.
- Minimiza el riesgo de averías ocasionadas por la erosión ácido carbónica, su eficiencia térmica teórica de la turbina es calculada del valor de la entalpia a la entrada y salida de esta, aumentando gradualmente el sobrecalentamiento, así como la presión aumenta la entalpia de entrada de la turbina, la hace efectiva para optimizar la eficiencia térmica, es favorable como para suministro y para la descarga de vapor, en tanto se encuentre en el estado de sobrecalentamiento, porque el condensado no se origina en el interior del equipo impulsado por vapor durante una operación normal.

#### *Desventajas del empleo de vapor sobrecalentado para calentamiento.*

Se elige al vapor saturado, por encima del vapor sobrecalentado, como recurso de calentamiento en intercambiadores de calor y diferentes equipos de transferencia de calor por las siguientes razones.

TABLA 1-5 Características y desventajas del empleo de vapor sobrecalentado para calentamiento.

Características	Desventajas
Calor sensible usado para la transferencia de calor.	Los descensos de temperatura pueden experimentar un efecto negativo en la calidad del producto.
La temperatura podría ser considerablemente elevada.	Se podrían solicitar materiales más fuertes para la construcción de equipos, solicitando un importante costo de inicio.
Temperatura cambiante incluso a una presión constante.	El vapor sobrecalentado necesita conservar una velocidad elevada, de no ser así, la temperatura se reducirá, ya que se disipará el calor del sistema.
Bajo coeficiente de transferencia de calor.	Reduce la productividad Se necesita una superficie mayor para la transferencia de calor.

Fuente: Elaboración propia.

Además, desde el criterio de utilizarlo como fuente de calor para un calentamiento directo como un gas de alta temperatura, tiene algunas virtudes por sobre el aire ardiente, como que puede ser utilizado, como fuente de calentamiento bajo las condiciones de libre oxígeno. De la misma forma se hacen indagaciones para la utilización de vapor sobrecalentado en aplicaciones de industrias procesadoras de alimentos, así como el cocimiento y el secado.

#### 1.4.2.4 AGUA SUPERCRITICA

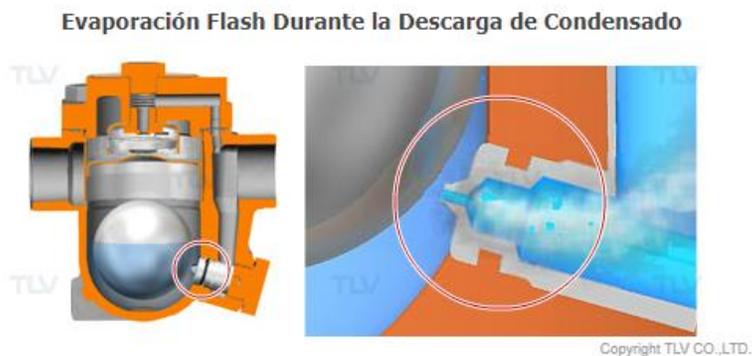
Es agua que supera su punto crítico 22,1 MPa, 374°C (3208 psi, 705°F), el calor latente del vapor es cero y su volumen específico es precisamente igual, así sea que se considere como gas o líquido. En otras expresiones, el agua que está a una presión y temperatura más grande que la de su punto crítico es un estado indistinguible en el cual no es líquido o gas.

El agua supercrítica es usada para propulsar turbinas en plantas de energía que requieren gran eficiencia. Indagaciones sobre el agua supercrítica se hacen con un énfasis hacia su utilización como fluido que tiene características tanto de líquido y gas, en especial que es correcto pasa su utilización como solvente para reacciones químicas.

## **1.5 VAPOR FLASH.**

Se crea partiendo desde el condensado caliente, cuando hay una disminución en la presión. El condensado de alta temperatura tiene dentro una gran energía que no se puede mantener en forma líquido a presiones inferiores, gracias a que existe una mayor energía que la necesitada para adquirir agua saturada a una menor presión. El producto es que algo de este exceso de energía produce del condensado un % de vapor flash.

El vapor flash es similar al vapor normal, sencillamente es un nombre favorable que es usado para argumentar como se forma el vapor. Vapor normal o “vivo” se produce en una caldera, o en un generador de vapor por recuperación de calor- en tanto que el vapor flash se crea cuando el condensado de alta temperatura/presión se muestra a una gran caída de presión, como se muestra en una descarga de una trampa de vapor.



El condensado descargado por el orificio de la trampa se evapora parcialmente (evaporación flash) debido a la diferencia de presiones (ilustración).

Fuente: [www.tlv.com/evaporacion/flash/](http://www.tlv.com/evaporacion/flash/)

*Ilustración 1-0-8 Evaporación flash durante la etapa de condensado.*

### **1.5.1 ¿COMO SE GENERA EL VAPOR FLASH?**

El vapor flash se crea gracias a que el punto de saturación del agua varía según la presión, entre otras cosas, el punto de saturación del agua a presión atmosférica es de 100°C (212°F), pero a 1.0 MPaG (145 psig) es de 184°C (323°F).

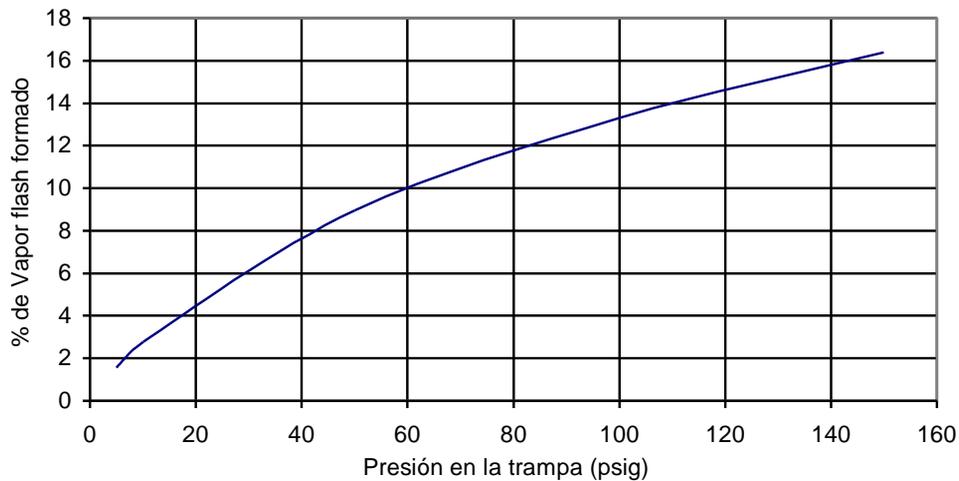
El condensado tiene dentro mucha energía (entalpía) para mantenerse únicamente como líquido, por lo cual una parte del condensado se evapora, causando que la temperatura del condensado que sobra, se disminuya a una presión de saturación (ej. 100°C o 212°F si es liberado a la atmósfera) a este acontecimiento se le conoce como evaporación flash.

En otras expresiones, cuando el condensado caliente, es liberado a una presión menor, su entalpia (energía total) permanece constante, pero su punto de saturación (la temperatura a la cual el condensado puede encontrarse tanto en estado líquido como gaseoso) varia. para retribuir la cantidad excesiva de energía, una porción de las moléculas del agua absorbe el exceso de energía como calor latente y se evaporan con apariencia de vapor.

*Nota.*

Generalmente cuando observamos las nubes de vapor flash que se liberan al ambiente a través de una trampa de vapor que no tiene un grado de enfriamiento, pensamos que se trata de vapor vivo. La nube de vapor es generalmente confundida por una fuga de vapor vivo, cuando en verdad se trata de vapor flash compuesto de condensado re-evaporado con finas gotas de agua en suspensión causadas por el flasheo del condensado caliente que se está liberando a la atmosfera.

Gráfico 1.1 Vapor flash formado de condensado descargado a presión atmosférica



Fuente: Uso Racional de Energía: Manual para consultores y expertos.

### 1.5.2 ¿COMO SE PUEDE CALCULAR EL % DE VAPOR FLASH GENERADO?

El rango de flasheo de vapor o el % de vapor flash producido se puede calcular de la siguiente forma:

$$\% \text{ de Flash} = \frac{h_{f1} - h_{f2}}{h_{fg2}}$$

Fuente: [www.tlv.com/calculo/vapor/flash](http://www.tlv.com/calculo/vapor/flash).

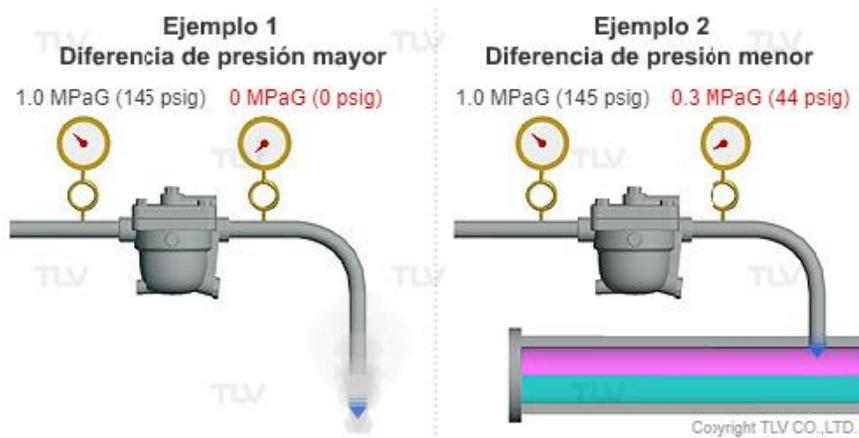
Ilustración 1-0-9 Formula para determinar el % de vapor flash.

En donde:

$h_{f1}$  = Entalpía específica del agua saturada a la entrada.

$h_{f2}$  = Entalpía específica del agua saturada a la salida.

$h_{fg2}$  = Calor específico del vapor a la salida.



Fuente: [www.tlv.com/vapor/flash/dif./pres](http://www.tlv.com/vapor/flash/dif./pres)

Ilustración 0-10 Ejemplos de diferencias de presiones.

Como se observa en los ejemplos de la parte superior, se produce un % mayor de vapor flash cuando el condensado es liberado a la atmósfera (ejemplo 1) en comparación cuando se libera a un sistema de recuperación de condensado cerrado (ejemplo 2).

Cálculos

Ejemplo 1

$$\frac{781.4 - 419.0}{2266.5} \times 100 = 16.1 \%$$

Ejemplo 2

$$\frac{781.4 - 605.2}{2133.0} \times 100 = 8.3 \%$$

Tabla de Vapor (Unidades Métricas SI)

Press. (MPaG)	Temp. (°C)	Specific Enthalpy (kJ/kg)			
		hf	hfg	hg	
-0.1	11.1	46.8	2474.5	2621.3	
-0.01	97.1	406.8	2264.1	2671.0	Salida (Ej. 1)
0	100.0	419.0	2266.5	2675.5	
0.05	111.6	468.2	2225.3	2693.5	Salida (Ej. 2)
0.1	120.4	505.6	2200.0	2706.6	
0.2	133.7	562.1	2163.0	2725.1	
0.3	143.7	605.2	2133.0	2738.2	
0.4	151.9	640.6	2107.6	2748.2	
1.0	184.1	781.4	1999.3	2780.7	Entrada (Ej. 1 y 2)

  = hf1   
   = hf2   
   = hfg2

Fuente: [www.tlv.com/calculos/tablas/de/vapor/unidades/metricas](http://www.tlv.com/calculos/tablas/de/vapor/unidades/metricas).

Ilustración 1-0-11 Cálculo en unidades métricas.

1.5.2.1 CALCULO DE RANGO DE CONDENSADO A FLASH (SISTEMA METRICO).

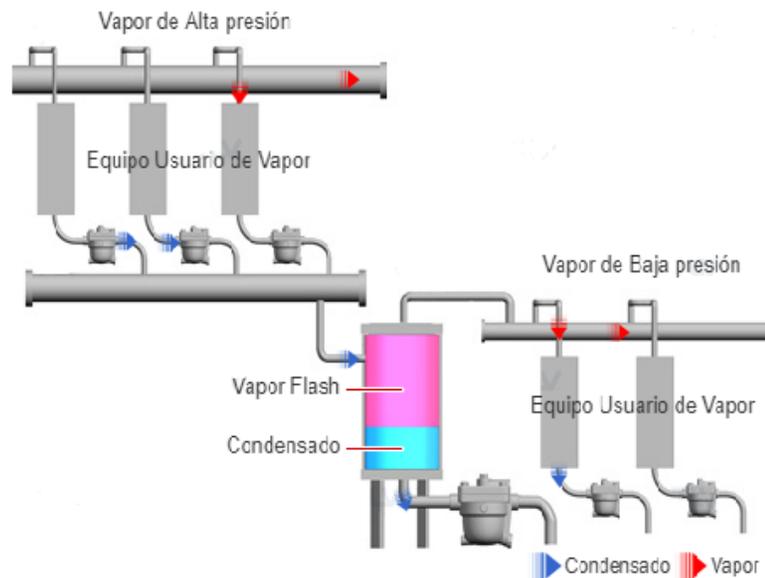
- Volumen de Condensado (1 - 16.1%) x 0.00104 m3/kg = 0.000873 m3/kg
- Volumen de Vapor 16.1% x 1.67 m3/kg = 0.269 m3/kg
- Rango de Condensado a Flash: 0.269 m3/kg / 0.000873 m3/kg = **308:1**

1.5.3 USO DEL VAPOR FLASH.

El vapor flash es de calidad similar al vapor vivo, puesto que, la nube que se forma es un subproducto natural de la descarga de condensado. Hoy en día existen instalaciones modernas que intentan reutilizar grandes cantidades de vapor flash en donde sea aceptable su uso.

Al reutilizar dicho vapor que es producido por un sistema de alta presión para su distribución en un sistema de menor presión, puede proporcionar innumerable ahorro de energía, igualmente mejora el ambiente de trabajo de la planta, ya que, reduce las nubes de vapor. Al considerar el uso de un procedimiento que maneje la recuperación de calor, los sistemas de reutilización de vapor flash y condensado generalmente se determinan en conjunto.

### Ejemplo de un Sistema de recuperación de Vapor Flash



Fuente: [www.tlv.com/sistema/recuperación/vapor/flash](http://www.tlv.com/sistema/recuperación/vapor/flash)

Ilustración 1-0-12Ejemplo de un sistema de recuperación de vapor flash.

En la imagen superior se muestra la recuperación de vapor flash de un sistema de alta presión a un tanque de flasheo y la reutilización en un sistema de baja presión.

## **1.6 ¿CÓMO LEER UNA TABLA DE VAPOR?**

En este párrafo se observa detalladamente los tipos de vapor en la industria, dando una perspectiva de los diversos elementos encontrados en ellas, para esto, es fundamental que el operador aprenda a leer estas tablas de vapor.

### **1.6.1 TABLAS DE VAPOR SATURADO.**

Usada para determinar la temperatura de saturación del vapor a partir de la presión del vapor o viceversa, presión a partir de la temperatura de saturación del vapor. Al igual que las variables, presión y temperatura, estas tablas comúnmente llevan otros valores relacionados como la entalpía específica (h)<sup>15</sup> y el volumen específico (v).<sup>16</sup>

<sup>15</sup> La entalpía específica es una propiedad que aparece tabulada en tablas termodinámicas y a partir de ella se puede determinar el valor de la energía interna específica cuando esta no aparece en las tablas. <http://neetescuela.com/definicion-y-concepto-de-entalpia/>

<sup>16</sup> volumen ocupado por unidad de masa de un material <https://glosarios.servidor-alicante.com>

Los datos encontrados en la siguiente tabla describen al vapor en un punto de saturación particular, también conocido como punto de ebullición. Es en este punto en donde el agua (líquido) y el vapor (gas) pueden convivir en la misma presión y temperatura. Debido a que el agua puede ser líquida o gas en este punto de saturación, se requieren dos conjuntos de datos:

- Datos para el agua saturada (líquido), se señalan comúnmente utilizando una “f” como subíndice.
- Datos para el vapor saturado (gas), se les señalan habitualmente utilizando una “g” como subíndice.

**Ejemplo de Tabla de Vapor Saturado**

Presión (Absoluta)	Temp.	Volumen Específico		Entalpía Específica		
		m <sup>3</sup> / kg		kJ / kg		
P	T	v <sub>f</sub>	v <sub>g</sub>	h <sub>f</sub>	h <sub>g</sub>	h <sub>fg</sub>
1.0	6.970	0.00100014	129.183	29.30	2513.68	2484.38
2.0	17.495	0.00100136	66.9896	73.43	2532.91	2459.48
4.0	28.962	0.00100410	34.7925	121.40	2553.71	2432.31
6.0	36.160	0.00100645	23.7342	151.49	2566.67	2415.17
				173.85	2576.24	2402.39
200	120.21	0.00106052	0.885735	504.68	2706.24	2201.56
300	133.53	0.00107318	0.605785	561.46	2724.89	2163.44
400	143.61	0.00108356	0.462392	604.72	2738.06	2133.33
500	151.84	0.00109256	0.374804	640.19	2748.11	2107.92
600	158.83	0.00110061	0.315575	670.50	2756.14	2085.64
700	164.95	0.00110797	0.272764	697.14	2762.75	2065.61
800	170.41	0.00111479	0.240328	721.02	2768.30	2047.28
900	175.36	0.00112118	0.214874	742.72	2773.04	2030.31
1000	179.89	0.00112723	0.194349	762.68	2777.12	2014.44
1100	184.07	0.00113299	0.177436	781.20	2780.67	1999.47

Fuente: [www.tlv.com/tabla/vapor/saturado/](http://www.tlv.com/tabla/vapor/saturado/)

*Ilustración 1-0-13Ejemplo en la tabla de vapor saturado.*

Lo que quiere decir la ilustración 1-14 es que la entalpía específica del agua es de 721,02 kJ/kg a una presión absoluta de 800 KPa.

Para esto, es necesario interpretar lo que significa cada sigla de la tabla.

- ✓ P = Presión del vapor/agua
- ✓ T = Punto de saturación del vapor/agua (punto de ebullición)
- ✓ v<sub>f</sub> = Volumen Específico del agua saturada (líquido)
- ✓ v<sub>g</sub> = Volumen Específico del vapor saturado (gas)

- ✓ Hf = Entalpía Específica del agua saturada (energía requerida para calentar agua de 0°C (32°F) al punto de ebullición)
- ✓ Hfg = Calor latente de evaporación (energía requerida para transformar agua saturada en vapor saturado seco)
- ✓ Hg = Entalpía específica del vapor saturado (energía total requerida para generar vapor de agua a 0°C (32°F)).

Generalmente los procesos que utilizan el vapor como fuente de calentamiento, usan el calor latente de evaporación (Hfg). Como se ha observado en la tabla, el calor latente de evaporaciones es mayor a bajas presiones. En tanto la presión del vapor saturado aumenta, el calor latente de evaporación disminuye progresivamente hasta alcanzar 0 en una presión super crítica, esto es 22.06 MPa (3200 psi).

### 1.6.2 FORMATOS DIFERENTES BASADOS EN PRESION Y TEMPERATURA.

Como ya sabemos, la presión del vapor saturado y la temperatura del vapor saturado están directamente relacionadas, es por esto, que existen dos formas de encontrar las tablas de vapor saturado.

- Tablas de vapor saturado basadas en la presión.
- Tablas de vapor saturado basadas en la temperatura.

Las dos tablas contienen la misma información, pero de diferente orden.

**Tabla de Vapor Saturado Basada en Presión**

PRESIÓN (MANOMÉTRICA)	TEMP.	VOLUMEN ESPECÍFICO		ENTALPÍA ESPECÍFICA		
		m <sup>3</sup> /kg		kJ/kg		
kPaG P	°C T	Vf	Vg	Hf	Hfg	Hg
0	99.97	0.0010434	1.673	419.0	2257	2676
20	105.10	0.0010475	1.414	440.6	2243	2684
50	111.61	0.0010529	1.150	468.2	2225	2694
100	120.42	0.0010607	0.8803	505.6	2201	2707

Fuente: [www.tlv.com/tabla/de/vapor/saturado/basada/en/presion](http://www.tlv.com/tabla/de/vapor/saturado/basada/en/presion).

*Ilustración 1-0-14 Ejemplo de tabla de vapor saturado basada en la presión.*

Tabla de Vapor Saturado Basada en Temperatura

TEMP.	PRESIÓN (MANOMÉTRICA)	VOLUMEN ESPECÍFICO		ENTALPÍA ESPECÍFICA		
		m <sup>3</sup> /kg		kJ/kg		
°C	kPaG	Vf	Vg	Hf	Hfg	Hg
100	0.093	0.0010435	1.672	419.1	2256	2676
110	42.051	0.0010516	1.209	461.4	2230	2691
120	97.340	0.0010603	0.8913	503.8	2202	2706
130	168.93	0.0010697	0.6681	546.4	2174	2720
140	260.18	0.0010798	0.5085	589.2	2144	2733
150	374.78	0.0010905	0.39250	632.3	2114	2746

Fuente: [www.tlv.com/tabla/vapor/saturado/basado/en/temperatura](http://www.tlv.com/tabla/vapor/saturado/basado/en/temperatura).

Ilustración 1-0-15 Ejemplo de tabla vapor saturado basada en temperatura.

### 1.6.3 UNIDADES DIFERENTES BASADOS EN PRESION MANOMETRICA Y ABSOLUTA.

Las tablas de vapor saturado también pueden ocupar dos tipos de presión.

- Presión manométrica es cero con relación a la presión atmosférica (101.3 kPa, o 14.7 psi).
- Presión absoluta es cero en relación con un vacío perfecto.

Tabla de Vapor Saturado usando Presión Absoluta

PRESIÓN (ABSOLUTA)	TEMP.	VOLUMEN ESPECÍFICO		ENTALPÍA ESPECÍFICA		
kPa	°C	m <sup>3</sup> /kg		kJ/kg		
P	T	Vf	Vg	Hf	Hfg	Hg
0	--	--	--	--	--	--
20	60.06	0.0010103	7.648	251.4	2358	2609
50	81.32	0.0010299	3.240	340.5	2305	2645
100	99.61	0.0010432	1.694	417.4	2258	2675

Fuente: [www.tlv.com/tabla/v/sat/presión/absoluta](http://www.tlv.com/tabla/v/sat/presión/absoluta).

Ilustración 1-0-16 Ejemplo tabla de vapor saturado usando presión absoluta.

Tabla de Vapor Saturado usando Presión Manométrica

PRESIÓN (MANOMÉTRICA)	TEMP.	VOLUMEN ESPECÍFICO		ENTALPÍA ESPECÍFICA		
		m <sup>3</sup> /kg		kJ/kg		
kPaG P	°C T	Vf	Vg	Hf	Hfg	Hg
0	99.97	0.0010434	1.673	419.0	2257	2676
20	105.10	0.0010475	1.414	440.6	2243	2684
50	111.61	0.0010529	1.150	468.2	2225	2694
100	120.42	0.0010607	0.8803	505.6	2201	2707

Fuente: [www.tlv.com/global/LA/steam-theory/how-to-read-a-steam-table.html](http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/how-to-read-a-steam-table.html)

*Ilustración 0-17Ejemplo tabla vapor saturado usando presión manométrica.*

Para diferenciar la presión manométrica de la absoluta, generalmente se le agrega una “g” al final de la unidad de presión como, por ejemplo, KPaG o psig.

Las tablas de vapor basadas en presión manométrica señalan que la presión atmosférica es 0, mientras que las tablas de vapor basadas en la presión absoluta nos señalan a la presión atmosférica como 101.3 kPa (14.7 psi).

#### 1.6.4 TABLA DE VAPOR SOBREALENTADO.

La temperatura del vapor sobre calentado cambia cuantiosamente en una misma presión en comparación con el vapor saturado. Por lo tanto, no se pueden obtener valores mediante una tabla de vapor saturado. Es tan grande el número de posibles combinaciones presión-temperatura, que sería improbable reunirlos todos en una sola tabla, como resultado a esto se creó un resumen de tablas para entender y ejemplificar.

### Ejemplo de Tabla de Vapor Sobre Calentado

Presión kPa (Temperatura °C)		Temperatura del Vapor (°C)				
		100	150	200	250	300
100 (99.606)	v	1.6960	1.9367	2.1725	2.4062	2.6389
	h	2675.77	2776.59	2875.48	2974.54	3074.54
	s	7.3610	7.6147	7.8356	8.0346	8.2171
200 (120.21)	v		0.95989	1.0805	1.1989	1.3162
	h		2769.09	2870.78	2971.26	3072.08
	s		7.2809	7.5081	7.7100	7.8940
300 (133.53)	v		0.63403	0.71644	0.79645	0.87534
	h		2761.18	2865.95	2967.93	3069.61
	s		7.0791	7.3132	7.5181	7.7037
400 (143.61)	v		0.47089	0.53434	0.59520	0.65488
	h		2752.78	2860.99	2964.56	3067.11
	s		6.9305	7.1724	7.3805	7.5677
500 (151.84)	v			0.42503	0.47443	0.52260
	h			2855.90	2961.13	3064.60
	s			7.0611	7.2726	7.4614

Fuente: <https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/how-to-read-a-steam-table.html>

Ilustración 1-0-18Ejemplo tabla vapor sobrecalentado.

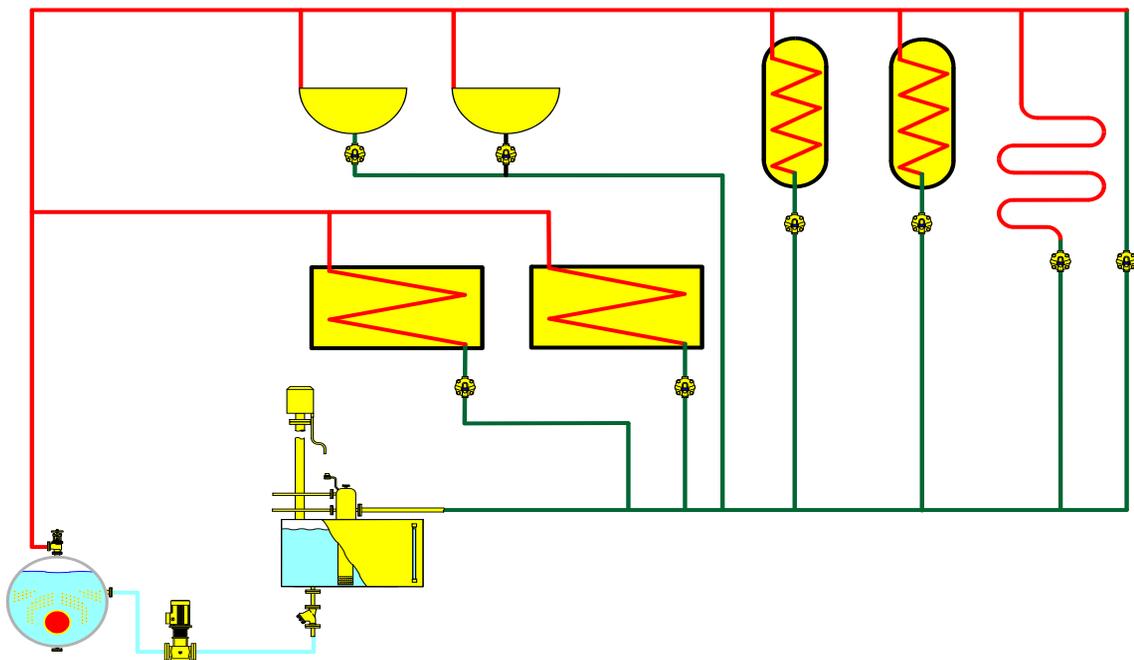
Lo que muestra la imagen anterior es que a una presión de 200 KPa y a una temperatura de 300°C, su volumen específico (v) es de 1.3162 m<sup>3</sup>/kg, su entalpía específica (h) es de 3072.08 y su entropía específica (s)<sup>17</sup> es de 7.8940 kJ/kg\*K.

<sup>17</sup> Es una magnitud física que mide el grado de organización del sistema, o que es la razón de un incremento entre energía interna frente a un incremento de temperatura del sistema.



## **CAPITULO 2: SISTEMA DE DISTRIBUCION DE VAPOR.**

# Circuito Típico de Vapor

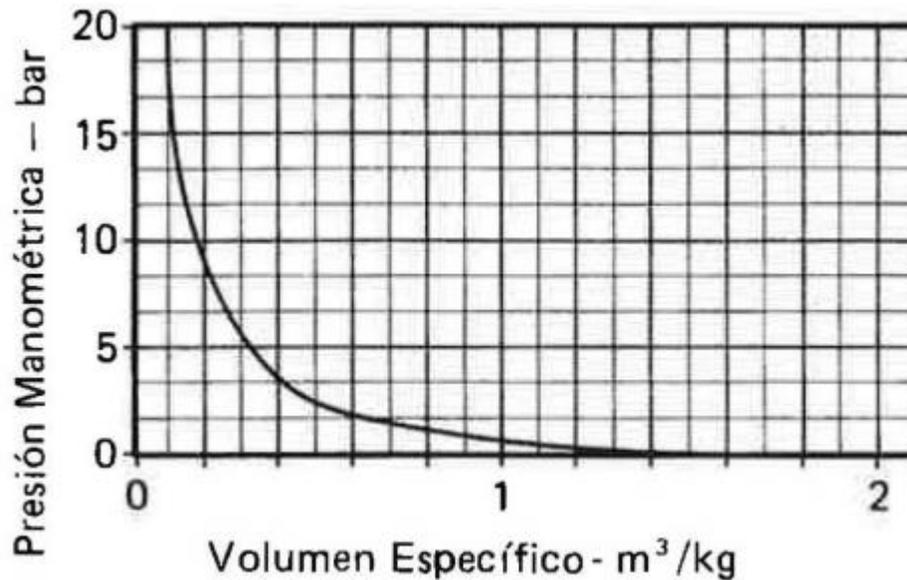


## 2.1 RECUPERACIÓN DE CONDENSADOS.

Sucesivo al proceso de generación de vapor en la caldera es necesario un medio para transportar la energía del vapor hacia los procesos que los solicitan. Este medio de transporte es conocido como la red de distribución de vapor y retorno de condensado que a su vez está constituido por una serie de elementos.

Se sugiere transportar el vapor a altas presiones por que ocupa menos volumen por kilogramo que el vapor a baja presión. Por lo que, si el vapor se genera desde las calderas a una alta presión y se distribuye a la misma, el tamaño de las tuberías será mucho menor.

En la siguiente ilustración muestra la relación entre el volumen específico del vapor dependiendo su presión manométrica



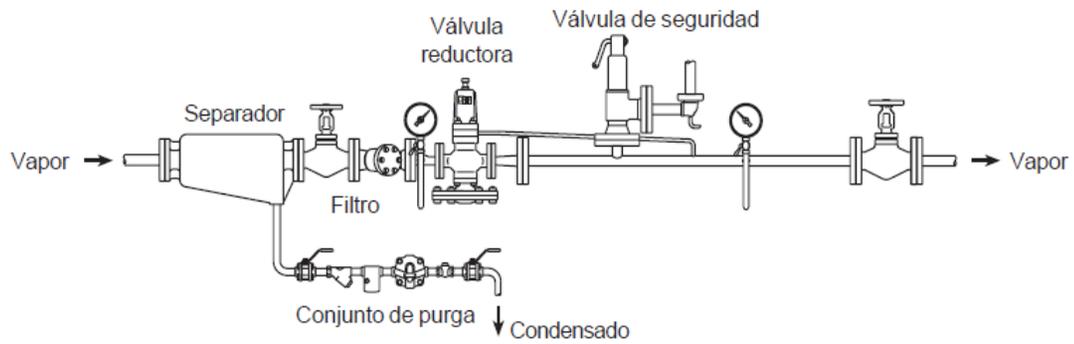
Fuente: (spirax sarco 2008)

*Ilustración 2-0-1 Gráfica vapor saturado seco: Presión (bar) Vs. Volumen específico (m³/kg).*

Algunas de las ventajas de transportar el vapor a alta presión son las siguientes:

- ✓ **Se requieren tuberías de distribución de vapor de menor diámetro.** Al tener un diámetro menor en las tuberías, la superficie de intercambio de calor es menor, contribuyendo a un ahorro energético.
- ✓ **Menor costo del aislamiento térmico.**
- ✓ **La capacidad de almacenamiento térmico de la caldera aumenta** y contribuye a soportar de forma más eficiente las fluctuaciones de carga, disminuyendo el riesgo de arrastre de agua y de impurezas en el vapor.

Al distribuir el vapor a altas presiones, se hace necesario reducir la presión en cada zona o punto de utilización del vapor y ajustarlo a cada aplicación específica. Uno de los métodos más comunes para reducir la presión de vapor, es la utilización de estaciones reductoras de presión, las cuales están compuestas por una válvula de reductora de presión, filtros, válvulas de seguridad, válvulas de bloqueo, separador de humedad y conjunto de purga o condensado.



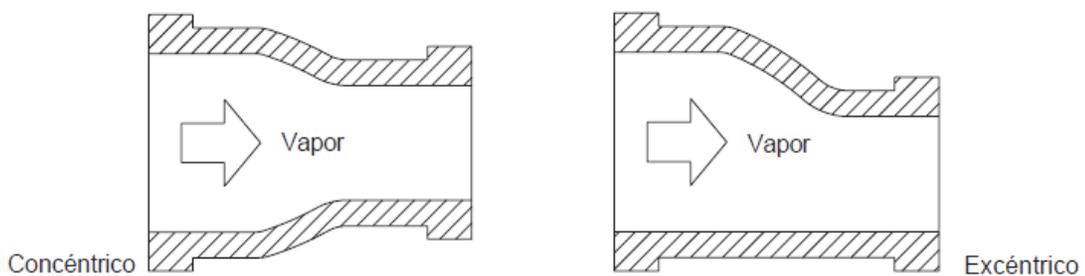
Fuente: [www.spiraxsarco.com](http://www.spiraxsarco.com)

*Ilustración 2-0-2 Típica estación reductora de presión.*

Generar el vapor a altas presiones implica a quemar más combustible en las calderas, por lo que los costos de generación aumentan. Se debe encontrar un balance entre la presión y el consumo de combustibles, para no tener costos elevados de generación de vapor, pero también tener los beneficios mencionados anteriormente con la distribución del vapor a altas presiones.

## **2.2 DIMENSIONADO DE TUBERIAS.**

Generalmente existe la tendencia de que cuando se seleccionan los tamaños de tuberías, se tiende a guiar por el tamaño de las conexiones del equipo a las que se van a conectar. Si la tubería se dimensiona del modo señalado, es probable que no se pueda alcanzar el caudal volumétrico deseado. Como solución a esto se puede utilizar reductores concéntricos y excéntricos para corregir y dimensionar de una forma correcta.



Fuente: spirax-sarco

*Ilustración 2-3 Reductores concéntricos y excéntricos*

Podemos seleccionar las tuberías apoyándose en una de las dos características:

- 1) Velocidad del flujo.
- 2) Caída de presión.

Sobredimensionar las tuberías significa que:

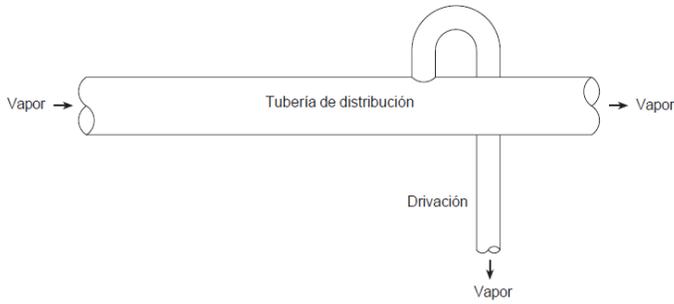
- Las tuberías serán más caras de lo necesario.
- Se formará un mayor volumen de condensado a causa de las mayores pérdidas de calor.
- La calidad de vapor y posterior entrega de calor será más pobre, debida al mayor volumen de condensado que se forma.
- Los costes de instalación serán mayores.

Subdimensionar las tuberías significa que:

- La velocidad del vapor y la caída de presión serán mayores, generando una presión inferior a la que se requiere en el punto de utilización.
- El volumen de vapor será insuficiente en el punto de utilización.
- Habrá un mayor riesgo de erosión, golpe de ariete y ruidos, a causa del aumento de velocidad.

### **2.3 DERIVACIONES.**

Las derivaciones trasladaran el vapor más seco siempre que las conexiones tomen el vapor de la parte superior de la tubería principal. Si la toma es lateral, o peor aún, de la parte inferior, transportaran el condensado, comportándose como un pozo de goteo. Como resultado de esto es un vapor muy húmedo que llega a los equipos.



Fuente: spirax sarco

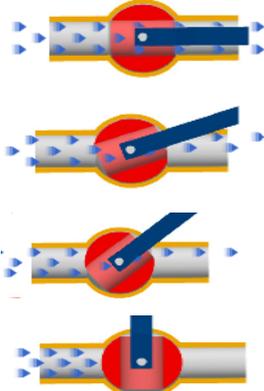
*Ilustración 2-0-4 Modo correcto de ejecutar una derivación de una tubería principal.*

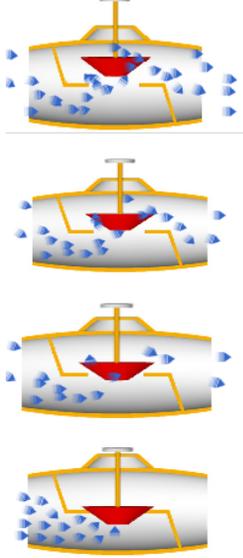
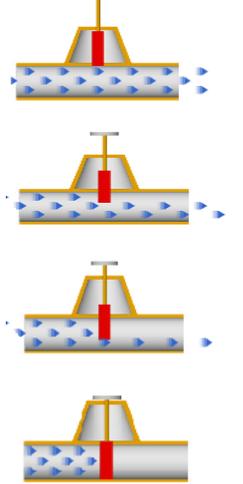
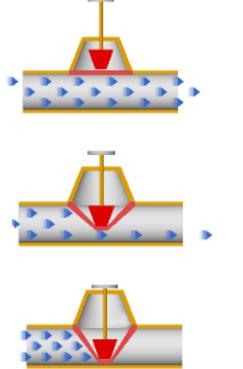
## **2.4 VALVULAS.**

Una válvula se puede definir como un dispositivo con características móviles que permite abrir y cerrar una vía de circulación con el fin de permitir, prevenir o controlar el flujo de fluidos.

Las válvulas se dividen en las siguientes categorías cuando son divididas por construcción y características:

**TABLA 1-6 VALVULAS DIVIDIDAS POR CONSTRUCCION Y CARACTERISTICAS.**

Característica.	Tipo de válvula.	
Si el elemento de cierre “Rota” en la vía de circulación para detener el flujo.	Por ejemplo: Válvula de bola, válvula de mariposa.	

<p>Si el elemento de cierre actúa como un “sello o tapón” en la vía de circulación para detener el flujo.</p>	<p>Por ejemplo: válvula de globo.</p>	
<p>Si el elemento de cierre de la válvula es “insertado” en la vía de circulación para detener el flujo.</p>	<p>Por ejemplo: válvula de compuerta</p>	
<p>Si la vía de circulación por si misma es “pinchada desde el exterior” para detener el flujo.</p>	<p>Por ejemplo: válvula de diafragma.</p>	

Fuente: Elaboración propia.

Existen diferentes tipos de válvulas a considerar, por lo que nos enfocaremos en las más usadas en sistemas de vapor.

#### 2.4.1 VALVULAS DE CIERRE.

Las válvulas de cierre se usan para regular o suspender el flujo, de un fluido en una tubería. De acuerdo con el tipo de diseño se clasifican en: válvulas de compuerta, de globo, de ángulos, de cuña, válvula de retención, válvulas cónicas y válvulas esféricas.

- Las válvulas de compuerta se utilizan en líneas donde es importante tener flujo sin restricciones. Las válvulas de este tipo no deben abrirse y cerrarse frecuentemente. Nunca deben usarse para control de flujo o estrangulamiento puesto que la vibración estropearía la compuerta y se dañarían los bordes y los asientos por erosión. De acuerdo con el tipo de construcción las válvulas compuertas se clasifican en cuatro grupos: de vástago elevador, de vástago sin elevación, de disco en forma de cuña y de doble disco.
- Las válvulas de globo se denominan de esta manera debido a la forma del cuerpo de la válvula. Este tipo ofrece una gran resistencia al flujo debido a los cambios de dirección que sufre el fluido a medida que pasa a través del cuerpo de la válvula. Las válvulas de globo pueden usarse en caso de emergencia para estrangulamiento o para regulación. Su uso continuado en esta función las destruye rápidamente. Usualmente tienen vástago de tornillos elevadores internos, los asientos pueden ser metálicos o compuestos, las válvulas con asiento metálico se pueden usar para estrangulamiento.
- Las válvulas de ángulos son similares a las válvulas de globo excepto que sus entradas y salidas están situadas en ángulo recto unas con respecto a otras.
- Las válvulas cónicas son válvulas de accionamiento rápido, que tienen como elemento de trabajo un vástago en forma cónica. Una vuelta de 90° del vástago abre o cierra la válvula. Si la válvula se abre y cierra frecuentemente se usan asientos esmerilados. Para válvulas de poco uso frecuente se usan asientos de tipo lubricado.
- Las válvulas esféricas se caracterizan por sus propiedades de cierre y acción rápida, estas válvulas constan de una esfera hueca, y su funcionamiento es similar al descrito para válvulas cónicas.

#### 2.4.2 VALVULAS DE RETENCION.

Se usan para permitir el paso del flujo en una sola dirección, se cierran automáticamente para prevenir el flujo en dirección opuesta. Hay de dos tipos generales: válvula de retención con bisagra, y la válvula de retención horizontal. En la válvula de retención con

bisagra el fluido se mueve en línea recta a través del cuerpo de la válvula; el disco opera como una compuerta oscilante la cual se mantiene abierta por el flujo.

La válvula de retención horizontal está construida como una válvula globo con el disco guiado de tal forma que el flujo no levanta el asiento, el flujo sigue su trayectoria curva tal como se hace en las válvulas globo.

#### 2.4.3 VALVULAS DE CIERRE Y RETENCION.

Las válvulas de cierre y retención combinan en una unidad con una válvula de cierre del tipo globo o angular con una válvula de retención del tipo angular. Se usan en salidas de calderas cuando estas suministran el vapor a un conducto o distribuidor principal.

#### 2.4.4 VALVULAS DE REDUCCION DE PRESION.

Este tipo de válvula es usualmente operada por resortes; el resorte puede ser accionado mediante un diafragma o por la acción directa de la presión controlada a través de una válvula piloto y un fluido de operación auxiliar tal como aceite o aire comprimido.

#### 2.4.5 VALVULAS DE SEGURIDAD.

Son válvulas operadas por resortes las cuales se abren cuando la presión de fluido llega a un valor predeterminado, de tal forma que sirve de desahogo al sistema de distribución cuando la presión alcanza valores superiores a la presión de seguridad. Como estas válvulas son automáticas y muy sensibles, la suciedad y la corrosión las afectan mucha más que a las válvulas de operación manual y su cuidado es de gran importancia para el buen funcionamiento y seguridad tanto del equipo como del personal.

### **2.5 PROCEDIMIENTOS PARA LA INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE VALVULAS.**

#### 2.5.1 VÁLVULAS DE CIERRE.

Operar la válvula para asegurarse de su funcionamiento correcto.

1. Si el vástago gira libremente apretar los tornillos de la tapa de ajuste hasta que los resultados de las operaciones sean adecuados.

2. Si el vástago se traba, lubríquelo.
3. Si hay que aflojar los tornillos de la tapa de ajuste para liberar el vástago reajústelo apropiadamente.
4. Lubricar con grasa o lubricante denso siguiendo las recomendaciones de fabricante.
5. Si es necesario, desmontarla, quitar todas las empaquetaduras grafitadas o el lubricante endurecido en el vástago, ranuras o partes del sistema de lubricación.
6. Al rellenar con lubricante adecuado según las recomendaciones del fabricante.

#### 2.5.2 VÁLVULAS DE RETENCIÓN.

1. Chequee si las válvulas tienen escapes cuando está en la posición cerrada.
2. Los escapes pueden ser detectados por su sonido característicos o por el goteo cuando los drenajes en el lado cerrado de la válvula esta abiertos.
3. Asegúrese que la válvula cierra correctamente al invertir el flujo.
4. Si es necesario hay que desensamblar la válvula y limpiar todos los componentes y asegurarse que no hay excesiva fricción en la bisagra.

#### 2.5.3 VÁLVULAS DE REDUCCIÓN DE PRESIÓN.

1. Desensamble y examine la condición de las partes.
2. Limpiar, lubricar y reemplazar partes defectuosas.
3. Examinar el estado del asiento, si está dañado reemplazarlo.

#### 2.5.4 VÁLVULAS DE SEGURIDAD.

1. Chequear la válvula para ver si tiene escapes. Repare y esmerile cuando sea necesario.
2. Operar las válvulas manualmente hasta que la presión llegue al punto de seguridad.
3. Observe si la válvula opera en forma adecuada.
4. Repare cualquier falla de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

### 2.6 FALLAS FRECUENTES EN LAS VALVULAS.

#### TABLA 1-7 MODO DE FALLO Y CAUSA PROBABLE

MODO DE FALLO	CAUSA PROBABLE.
Por falta de hermeticidad.	- Corrosión. - Mal diseño. - Falta de mantención. - Montaje inadecuado. - Empaquetadura defectuosa
Por rotura Fallo a respuesta	- Corrosión. - Vibraciones. - Exceso de presión. - Falla en la transmisión de la señal. - Sobrepresiones
Inversión del flujo	- Partículas extrañas presentes en el fluido (arena, piedras, etc.)

Fuente: Elaboración propia.

## **2.7 TRAMPAS DE VAPOR O PURGADORES.**

Se utilizan para desalojar condensado de las líneas de distribución o a la salida de los intercambiadores o de un equipo consumidor. Estas abren en presencia de condensado y cierran en presencia de vapor. Garantizan el buen funcionamiento de tuberías y elementos de la red y contribuyen al uso eficiente de la energía, previniendo congelaciones y roturas si llegasen gotas de condensado a válvulas de control o turbinas.

Una trampa para vapor es un dispositivo que permite: eliminar condensado, aire y otros gases no condensables, además de prevenir pérdidas de vapor.

- **Eliminación de condensado:** El condensado debe pasar siempre, rápido y completamente a través de la trampa para vapor para obtener un mejor aprovechamiento de la energía térmica del vapor.
- **Eliminación de aire y otros gases no condensables:** El aire y los gases disminuyen el coeficiente de transferencia de calor. Además, se debe tener presente que el O<sub>2</sub> y el CO<sub>2</sub> causan corrosión.
- **Prevención de pérdidas de vapor:** No deben permitir el paso de vapor sino hasta que éste ceda la mayor parte de energía que contiene, también las pérdidas de vapor
- deben ser mínimas mientras la trampa libera vapor condensado, aire y gases incondensables.

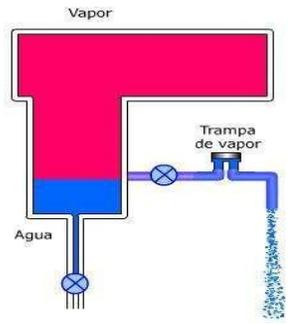
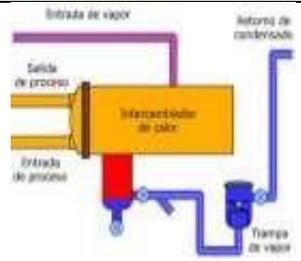
## 2.7.1 CLASIFICACION.

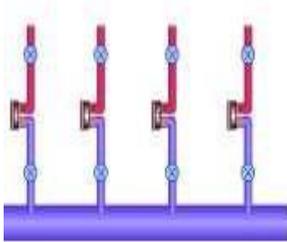
Se pueden clasificar según su ubicación en el sistema de vapor o según su forma de operación.

### 2.7.1.1 SEGÚN SU UBICACIÓN:

Esta clasificación corresponde a la ubicación que tienen las trampas de vapor en todo el circuito de vapor, es decir en la red principal de distribución de vapor, en los equipos que funcionan con vapor o trampas de proceso y las trampas de circuito de calentamiento. A continuación, se hace una descripción de esta clasificación de las trampas de vapor.

TABLA 1-8 CLASIFICACION DE TRAMPAS DE VAPOR SEGÚN SU UBICACIÓN.

Clasificación	Descripción	Imagen
Trampas en la red	Ubicadas en la red de distribución de vapor en lugares donde se produce fácilmente el condensado, por ejemplo, depósitos o bolsillos y tramos de tubería con reducciones, también suelen ubicarse trampas al menos cada 30 metros, ya que, el vapor que circula pierde energía con el ambiente y puede condensarse. Estas trampas protegen los diferentes elementos de la red contra el efecto martillo o golpe de ariete, producido por el choque del condensado a alta velocidad.	
Trampas de proceso	El vapor que ingresa al equipo o proceso demandante de energía cede su calor latente transformándose en condensado. Este debe ser desalojado para evitar pérdidas de calor e inundación del serpentín o intercambiador de calor. Para ello se ubican trampas de vapor a la salida del equipo de intercambio de calor.	

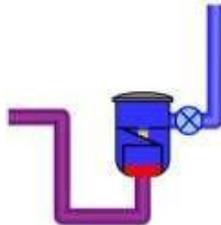
Trampas de circuito de calentamiento	Algunas redes de transporte y distribución de líquidos requieren el calentamiento continuo del fluido para mantener bajos niveles de viscosidad haciendo posible el bombeo. Para mantener estas temperaturas se ubican serpentines con circulación de vapor arrollados a la tubería o red de bombeo, el que se transforma en condensado al ceder su energía y posteriormente ser desalojado del sistema mediante la instalación de trampas.	
--------------------------------------	---	---

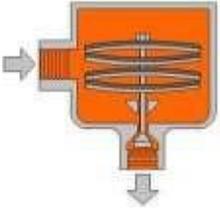
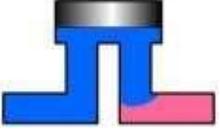
Fuente: spirax sarco

### 2.7.1.2 SEGÚN SU OPERACIÓN:

La clasificación según su operación corresponde a la manera cómo funcionan las trampas de vapor. A continuación, se hace una descripción de las trampas de vapor clasificadas según su operación mecánica, termostática o termodinámica.

TABLA 1-9 CLASIFICACION DE TRAMPAS DE VAPOR SEGÚN SU OPERACIÓN.

Tipo de operación	Descripción	Imagen
Mecánicas	Las trampas mecánicas trabajan con el principio de diferencia entre la densidad del vapor y la del condensado. Por ejemplo, un flotador que asciende a medida que el nivel del condensado se incrementa, abriendo una válvula, pero que en presencia del vapor la mantiene cerrada o una trampa de balde invertido que en presencia de vapor asciende por la fuerza ejercida por el vapor cerrando la válvula y abre cuando se encuentra con presencia de condensado	

Termostáticas	Las trampas termostáticas operan por la percepción de la temperatura del condensado. Cuando la temperatura cae a un específico valor por debajo de la temperatura del vapor, la trampa termostática abrirá para liberar el condensado, entre ellas se encuentran las bimetálicas que opera por la diferencia de coeficiente de expansión térmica entre varillas que se encuentran unidas, y que empujan un vástago según la temperatura que censan.	
Termodinámicas	Las trampas Termodinámicas operan con la diferencia entre el flujo del vapor sobre una superficie, comparada con el flujo del condensado sobre la misma superficie. El vapor o el gas fluyendo sobre la superficie crean un área de baja presión. Este fenómeno es empleado para mover la válvula hacia el asiento y así cerrar su paso.	

Fuente: [www.spiraxsarco.com](http://www.spiraxsarco.com)

### 2.7.2 TRAMPAS DE VAPOR DEL TIPO MECÁNICO:

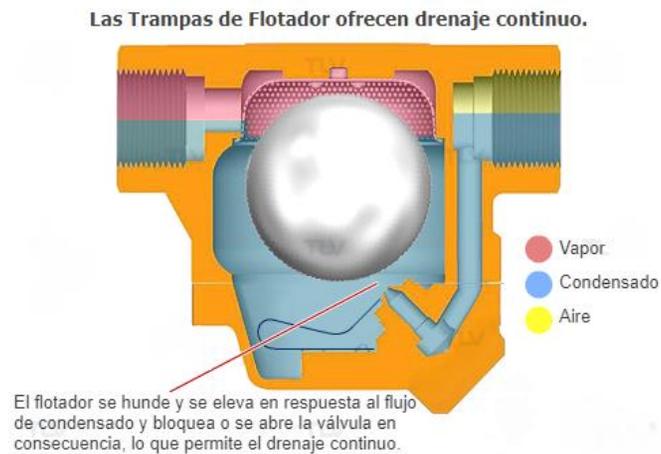
trabajan con la diferencia de densidad entre el vapor y el condensado. Por ejemplo, un flotador que haciende a medida que el nivel del condensado se incrementa, abriendo una válvula, pero que en presencia del vapor la mantiene cerrada.

Las trampas mecánicas no pueden permitir el venteo <sup>18</sup>de aire o de gases no condensables, sin embargo, se puede incorporar un elemento térmico en algunas versiones. Estos elementos son versiones miniaturas de las trampas termostáticas.

En el lado positivo, este mecanismo responde solo al cambio del nivel de condensado, independiente de la temperatura o de la presión. Ellos redondean rápidamente cambiando condiciones. El condensado descarga las temperaturas cerrando la curva de saturación estrechamente y ellos tienen un modular tipo de descarga. Ellos son extremadamente eficientes de energía.

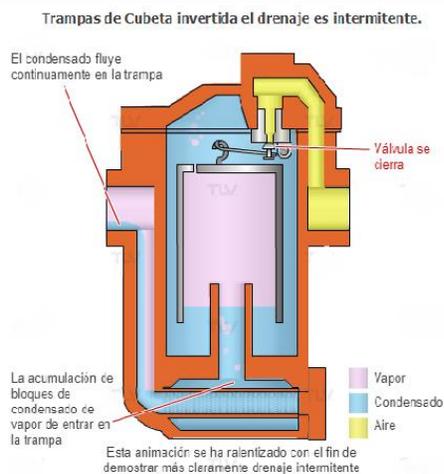
<sup>18</sup> Se emplea cuando es necesario o deseable reducir la evaporación de los contenidos de un tanque a la atmósfera. <http://www.protectoseal.com/spanish/vaporFlame/vfVacuumRelief.cfm>

Las trampas mecánicas de flotador abiertas comparten muchas características con las trampas de flotador cerradas. Una mayor diferencia, claro, es el flotador abierto como se encuentra en una trampa de balde invertido. Todas las trampas mecánicas son posición-sensible y puede ser instalado solo en su orientación proyectada.



Fuente: [www.tlv.com/trampas/de/vapor/tipo/flotador](http://www.tlv.com/trampas/de/vapor/tipo/flotador).

*Ilustración 2-0-5 Trampa de vapor tipo flotador en una operación normal.*



Fuente: [www.tlv.com](http://www.tlv.com)

*Ilustración 2-0-6 Trampa de vapor de cubeta invertida en una operación normal.*

### 2.7.3 TRAMPAS DE VAPOR TERMODINAMICAS.

Este tipo de trampas de vapor opera con el principio de diferencia entre flujo de vapor sobre la superficie comparado con el flujo del condensado. Al entrar el vapor este viene

con una velocidad mayor y el disco que usan como válvula se cierra, y este disco se abre al presentarse la baja velocidad del condensado.

Opera con la diferencia entre el flujo del vapor sobre una superficie, comparada con el flujo del condensado sobre la misma superficie.

Las trampas termodinámicas son detectores de fases en que ellos pueden diferenciar entre líquidos y gases. Pero ellos no pueden diferenciar entre vapor y aire u otros gases no condensables. Por lo tanto, ellos tienen una habilidad reducida para sacar-apagar estos gases. También pueden pasarse cantidades diminutas de vapor. El principio de trabajo de la termodinámica es simple y, con solo una mover una parte, estos pequeños mecanismos son escabrosos.



Fuente: [www.tlv.com/trampas/de/vapor](http://www.tlv.com/trampas/de/vapor).

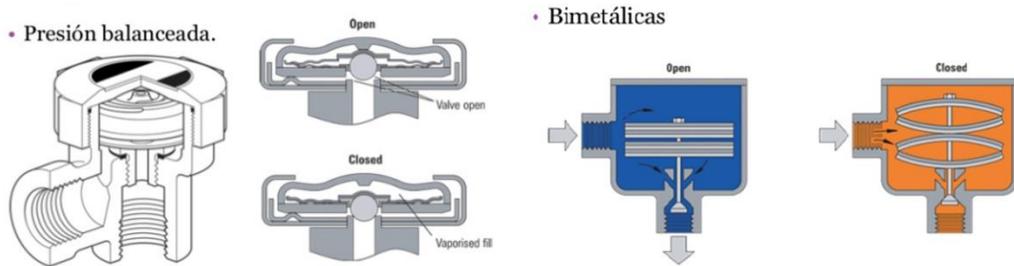
*Ilustración 2-0-7 Tipo de trampas de vapor termodinámicas.*

#### 2.7.4 TRAMPAS DE VAPOR TERMOESTATICAS.

Operan por la percepción de la temperatura del condensado. Cuando la temperatura cae a un específico valor por debajo de la temperatura del vapor, la trampa termostática abrirá para liberar el condensado.

Estas trampas operan mediante un sensor de temperatura, el que identifica la temperatura del vapor y del condensado. Muy frecuentemente, la actuación es por medio de un elemento bimetálico o un sonido - como una cápsula llena con un líquido vaporizando. El mecanismo que actúa la bimetálica se caracteriza por su alta resistencia para dañar desde altas heladas, golpe de ariete y sobrecalentar. Ellos son relativamente pequeños en tamaño y se prestan a los diseños de altas presiones.

Las trampas termostáticas responden suavemente para cambiar condiciones, aunque la causa normalmente se entiende mal. Esto no es elemento del calor sensible que es lento de responder. Más bien es la energía calórica del condensado dentro de la trampa, que es lenta de disipar y causa retraso del tiempo.



Fuente: [www.slideshare.com](http://www.slideshare.com)

Fuente: [www.slideshare.com](http://www.slideshare.com)

*Ilustración 2-0-8 Trampa termostática.*

*Ilustración 0-9 Trampa bimetálica*

### 2.7.5 SELECCIÓN DE TRAMPAS DE VAPOR.

A continuación, se presentan los principales criterios para la selección de las trampas comerciales:

**Cualidades de Operación de las Diferentes Trampas de Vapor**

Código	Característica	Balde Invertido	F & T	Disco	Termostática
A	Modo de Operación	(1)Intermitente	Continuo	Intermitente	(2) Intermitente
B	Ahorro de Energía (Tiempo en Servicio)	Excelente	Bueno	Deficiente	Adecuado
C	Resistencia al Desgaste	Excelente	Buena	Deficiente	Adecuada
D	Resistencia a la Corrosión	Excelente	Buena	Excelente	Buena
E	Resistencia al Impacto Hidráulico	Excelente	Deficiente	Excelente	(4) Deficiente
F	Venteo de Aire y CO <sub>2</sub> a la Temperatura del Vapor	Si	No	No	No
G	Capacidad para Ventear Aire a Presiones Muy Bajas (0.02 bar)	Deficiente	Excelente	(5) NR	Buena
H	Capacidad para Manejar Cargas de Aire al Arranque	Adecuada	Excelente	Deficiente	Excelente
I	Funcionamiento al Existir Contrapresión	Excelente	Excelente	Deficiente	Excelente
J	Resistencia a Daños por Congelamiento	Buena	Deficiente	Buena	Buena
K	Capacidad para Purgar el Sistema	Excelente	Adecuada	Excelente	Buena
L	Desempeño con Cargas Muy Ligeras	Excelente	Excelente	Deficiente	Excelente
M	Respuesta a Formación Rápida de Condensado	Inmediata	Inmediata	Retardada	Retardada
N	Capacidad para Lidar con Suciedad	Excelente	Deficiente	Deficiente	Adecuada
O	Tamaño Relativo	(7) Grande	Grande	Pequeño	Pequeño
P	Capacidad para Manejar Vapor Espontáneo (Flash)	Adecuada	Deficiente	Deficiente	Deficiente
Q	Falla Mecánica (Abierta - Cerrada)	Abierta	Cerrada	(8) Abierta	(9)

- |   |   |  |
|---|---|--|
| <p>1. El drenado de condensado es continuo, la descarga es intermitente.</p> <p>2. Puede ser continuo con cargas bajas.</p> <p>3. Excelente, si se utiliza vapor secundario</p> <p>4. Buena, para trampas bimetálicas y de wafer.</p> | <p>5. No se recomienda para operaciones a baja presión.</p> <p>6. No se recomiendan trampas de hierro fundido.</p> <p>7. Mediano, para trampas soldables de acero inoxidable.</p> | <p>8. Pueden fallar cerradas, debido a suciedad.</p> <p>9. Pueden fallar abiertas o cerradas, dependiendo del diseño de los fuelles.</p> |
|---|---|--|

Fuente: [www.armstrong.com](http://www.armstrong.com)

\*\*F y T “Flotador y termostática)

*Ilustración 2-0-10 Criterios para la selección de trampas de vapor.*

Para seleccionar una trampa de vapor existen puntos clave que incluyen estándares de presión y temperatura, la capacidad de descarga, presión a la que trabaja, el material del cuerpo, el tipo de trampa y así muchos factores de real importancia, para simplificar este proceso lo podemos dividir en cuatro pasos fáciles de comprender:

- Paso 1:  
Determine los requerimientos de descarga de la aplicación de la trampa de vapor (por ejemplo: descarga caliente o sub enfriada) , luego seleccione el tipo de trampa que corresponda.
- Paso 2:  
Selección el modelo de acuerdo con la presión y temperatura de operación, la orientación y cualquier otra condición relevante.
- Paso 3:

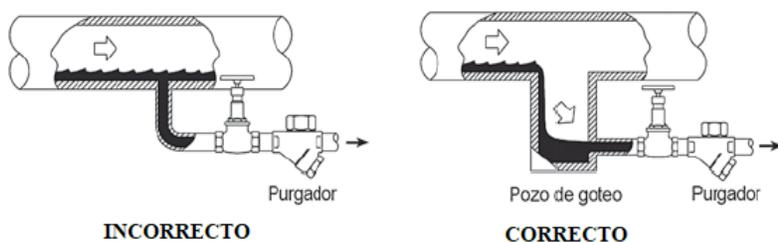
Calcular la carga de condensado requerida y aplique el factor de seguridad recomendado por el fabricante.

➤ Paso 4:

Base la selección final de la trampa en el menor costo de ciclo de vida (C.C.V).

### 2.7.5.1 CONSIDERACIONES DE INSTALACION.

- Se deben instalar las tuberías de manera que desciendan en la dirección del flujo, con una pendiente no inferior a 40 mm por cada 10 mts de tubería.
- Las líneas de vapor deben purgarse a intervalos regulares de 30 - 50 mts, así como en cualquier punto bajo del sistema.
- Para instalar un punto de purga en un tramo recto de tubería, deberá utilizarse un pozo de goteo de gran tamaño, que pueda recoger el condensado.
- La tubería debe montarse de manera que haya el mínimo de puntos bajos donde se pueda acumular el agua. Si se montan filtros, se deben montar con la cesta en posición horizontal.
- Las conexiones de las derivaciones deben partir de la parte superior de la línea, para tomar el vapor lo más seco posible.
- Las reducciones de diámetro deben ejecutarse con acoplamientos asimétricos.
- Se debe considerar la instalación de un separador antes de cualquier equipo que utilice el vapor, para asegurar que reciba vapor seco.
- Los purgadores elegidos deben ser robustos para evitar el riesgo de daños por golpe de ariete, y ser apropiados para su entorno (p. ej. heladas).



Fuente: [www.spiraxsarco.com](http://www.spiraxsarco.com)

*Ilustración 2-0-11 Instalación de un purgador en un tramo recto de una tubería.*

2.7.6 TABLA DE LAS APLICACIONES Y REQUERIMIENTOS DE LAS TRAMPAS DE VAPOR.

Aplicación	Requerimientos de la trampa	Tipos de componentes utilizados.
Tubería de distribución de vapor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sello hermético para minimizar la pérdida de vapor inclusive con bajas cargas de condensado</li> <li>• No ser afectada por el ambiente, incluso en condiciones adversas</li> <li>• Capacidad de venteo del aire al arranque y durante la operación</li> <li>• Descarga continua del condensado para minimizar su acumulación</li> <li>• No ser afectada por la contrapresión</li> <li>• Cuando la aplicación va a drenaje abierto, no descargar el condensado a chorros de alta presión</li> </ul>	
Equipos de Calentamiento con Vapor Sin Fenómeno Stall <sup>19</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descarga continua del condensado para maximizar el calentamiento estable y minimizar la acumulación de condensado.</li> <li>• No ser afectada por grandes variaciones de la carga de condensado</li> <li>• Capacidad de venteo del aire al arranque y durante la operación</li> <li>• Capacidad de descargar el condensado incluso a la menor presión diferencial y de operar efectivamente, aunque exista contrapresión.</li> <li>• Característica de "falla abierta" para que el condensado se descargue a pesar</li> </ul>	

<sup>19</sup> La condición que ocurre cuando la presión diferencial necesaria a través de un equipo de drenado tal como una trampa de vapor se vuelve negativa, ocasionando que el condensado no sea descargado por el equipo de drenado y este se acumule dentro del intercambiador de calor. <https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/stall-phenomenon-pt1.html>

	<p>de que la trampa se haya dañado o desgastado.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No descargar el condensado a chorros de alta presión para evitar la erosión de la tubería.</li> </ul>	
Equipos de Calentamiento con Vapor  Con Fenómeno Stall	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las mismas que las anteriores, excepto:</li> <li>• No sub-enfriar el condensado para maximizar el calentamiento estable</li> <li>• Capacidad de descargar el condensado sin pérdida de vapor sin importar condiciones de presión diferencial NEGATIVA o POSITIVA</li> <li>• Puede requerir otros componentes para descargar el condensado si el sistema está dañado o desgastado</li> </ul>	
Líneas de Traceo  Alta Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compactas y ligeras</li> <li>• Nulo o escaso sub-enfriamiento</li> <li>• Trampa capaz de operar en cualquier orientación de la tubería</li> <li>• Requiere función de remoción de suciedad y precipitado de cobre si el ensuciamiento es frecuente</li> </ul>	
Líneas de Traceo  Baja Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las mismas que las anteriores, excepto:</li> <li>• Sub-enfriamiento preferido <ul style="list-style-type: none"> <li>○ para usar el calor sensible de vapor</li> <li>○ para alcanzar temperaturas más bajas</li> </ul> </li> </ul>	
Equipo Motriz o de Generación de Energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sello hermético para minimizar la pérdida de vapor inclusive con bajas cargas de condensado</li> </ul>	

<p>Presión Positiva</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No ser afectada por el ambiente, incluso en condiciones adversas</li> <li>• Capacidad de venteo del aire al arranque</li> <li>• Descarga continua del condensado para minimizar la acumulación de condensado</li> <li>• No ser afectada por la contrapresión</li> <li>• Cuando la aplicación va a drenaje abierto, no descargar el condensado a chorros de alta presión</li> </ul>	
<p>Equipo Motriz o de Generación de Energía</p> <p>Presión Negativa</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las mismas que las anteriores, excepto:</li> <li>• Capacidad de descargar condensado generado en condiciones de vacío</li> <li>• Puede requerir otros componentes para descargar el condensado si el sistema está dañado o desgastado</li> <li>• El sistema debe prevenir flujo en sentido inverso</li> </ul>	

Fuente: [www.spirax sarco.com](http://www.spirax sarco.com)

### 2.7.7 PROCEDIMIENTOS PARA LA INSPECCIÓN DE TRAMPAS DE VAPOR.

- ✓ Inspeccionar cada unidad por el tapón de inspección.
- ✓ Al abrir el tapón no debe salir vapor.
- ✓ La falla en la operación de las trampas puede detectarse por el ruido, una trampa que falla tiene un sonido continuo por la fuga de vapor.
- ✓ Las trampas que funcionan en forma adecuada tienen un ruido intermitente característico, si la temperatura exterior de la trampa está fría esto indica que no descarga apropiadamente.
- ✓ Una forma práctica de determinar si las trampas operan en condiciones adecuadas es medir la cantidad de agua que descargan.
- ✓ En cualquier caso, que se sospeche que no descargan en forma adecuada se debe inspeccionar.

- ✓ Si es necesario desensamble y examine el estado de los asientos, reemplace o repare las partes dañadas.
- ✓ Sabemos que la función básica de una trampa es descargar condensado impidiendo la salida de vapor vivo. Si la descarga se efectúa al aire libre, en un lugar accesible se puede verificar muy fácilmente si la trampa funciona correctamente.
- ✓ Un método muy común para detectar fugas en las trampas consiste en instalar un visor de la salida de estas, por el que se puede verificar si la trampa descarga condensado o no. Existe otro método que se utiliza para la detección, es la conductividad del condensado; esto es instalando una cámara con un deflector inmediatamente antes de la trampa.

#### 2.7.8 MANTENIMIENTO EN TRAMPAS DE VAPOR.

- ✓ Selección del tipo adecuado de trampa para el servicio requerido.
- ✓ Diseño adecuado de las tuberías de drenaje de condensado.
- ✓ Uso de filtros de protección para las trampas.
- ✓ Revisiones periódicas del funcionamiento de trampas y limpieza de filtros.
- ✓ Establecer el mantenimiento necesario para conservar el sistema trabajando en las condiciones óptimas.

#### 2.7.9 FALLAS MÁS COMUNES EN LAS TRAMPAS DE VAPOR Y FORMAS DE LOCALIZARLAS.

TABLA 1-10. FALLA, CAUSA Y CORRECCION.

Falla	Causa	Corrección.
1. La trampa no descarga.	Presión de vapor muy alta. Regulación incorrecta del vapor.	Ajustar la trampa para presiones más elevadas o cambiar los accesorios de ella de acuerdo con las instrucciones dadas por el fabricante

	Manómetro <sup>20</sup> de la caldera con lectura baja. La presión del vapor aumenta sin alterar ni regular la trampa.	
	Colador, válvula o conexión antes de la trampa obstruidos.	Límpielos.
	Partes internas de la trampa obstruida con suciedad o incrustaciones.	Desarme y limpie la trampa, ponga un filtro antes de la trampa.
	Derivación abierta o con fugas.	Ciérrela y repárela.
	Partes internas de la trampa dañada o rotas.	Desármela y repárela.
2. La trampa no hace corte.	Trampa muy pequeña para la carga.	Calcule la cantidad de condensado que debe de manejar y ponga la trampa de tamaño correcto.
	Mecanismo defectuoso, mantiene abierta la trampa.	Repárela.
	Carga grande de condensado.	Busque y corrija el aumento en el paso del condensado, instale una trampa más grande.
3. La trampa descarga vapor.	Válvula de derivación abierta o con fugas.	Ciérrela o repárela.
	La trampa ha perdido cebado.	Vea si hay caídas súbitas o frecuentes en la presión de vapor.
	Suciedad o incrustaciones en la trampa.	Desármela y límpiela.
	Trampa de cubierta invertida muy grande, bota el sello.	Use un orificio más pequeño o una trampa más chica.

<sup>20</sup> instrumento de medición para la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados. Se distinguen dos tipos de manómetros, según se empleen para medir la presión de líquidos o de gases.  
<https://es.wikipedia.org/wiki/Man%C3%B3metro>

4. Caída súbita en la capacidad de la trampa.	Presión de entrada muy baja.	Aumente a la especificación de la trampa. Instale una trampa mas grande. Cambie parte o graduación para presión.
	Contrapresión muy alta.	Vea si hay un tubo de retorno obstruido, trampa que descarga vapor al retorno, derivación abierta o respiradero obstruido en el tubo de retorno.
	Contrapresión muy baja.	Auméntela
5. El condensado no descarga del sistema.	El sistema tiene bolsas de aire.	Instale un respiradero o trampa con más capacidad de aire para eliminarlo.
	Presión de vapor baja.	Auméntela al valor correcto.
	El condensado rompe el circuito.	Use una trampa para cada unidad.
6. No hay suficiente calor de vapor.	Cebado de la caldera.	Reduzca el nivel de agua en la caldera. Si hay presencia de espuma en la caldera revise los fuegos y alimente de agua limpia mientras purga la caldera a intervalos de 15 segundos.
	Asiento de válvula en la trampa rayado y ovalado	Esmerile el asiento o remplace el cuerpo de la trampa vieja.

	Bomba de vacío funciona en forma continua.	Ve a si el tubo principal de retorno se encuentra agrietado o existe alguna conexión floja. Revisar el empaque del eje de la bomba.
	Demasiado golpe de ariete <sup>21</sup> en el sistema.	Compruebe el tamaño de la trampa de goteo, el tamaño debe ser para la carga de calentamiento y no para carga con tuberías calientes.
	Sistema deficiente, algunas calderas viejas para calefacción dan problemas porque muchos elementos de trampas son deficientes.	Cambiar todos los elementos termostáticos.
7. Las trampas se congelan en invierno.	El tubo de descarga tiene un tramo horizontal largo en donde se acumula el agua.	Haga el tramo de descarga lo más corto posible y con pendientes desde la trampa.
	La trampa y los tubos no están aislados.	Instale aislamiento en las trampas a la intemperie <sup>22</sup> y a los tubos conectados a ellas.
	La trampa debajo del tubo de retorno no tiene conexiones correctas.	Use válvula de retención, según lo recomendado por el fabricante.
	Las trampas de alta presión descargan en un retorno a baja presión, la vaporización instantánea puede ocasionar alta contrapresión.	Cambie los tubos para evitar alta que la presión de retorno exceda la capacidad de la trampa.
	El condensado puede estar muy caliente y no deja abrir bien la trampa.	Use una pierna de enfriamiento 4 a 6 pies (1,2 mts a 1,8 mts) delante de las trampas termostáticas en este servicio; instale un filtro en la pierna

<sup>21</sup> es un aumento repentino de la presión causado por un cambio rápido en la velocidad de caudal de la tubería. [https://es.grundfos.com/Servicio\\_mantenimiento\\_bombas/support-contact/faq/what-is-water-hammering-and-what-causes-it.html](https://es.grundfos.com/Servicio_mantenimiento_bombas/support-contact/faq/what-is-water-hammering-and-what-causes-it.html)

<sup>22</sup> Ambiente atmosférico considerado como variaciones e inclemencias del tiempo que afectan a los lugares o cosas no cubiertos o protegidos. <https://definicion.de/intemperie/>

		de enfriamiento para que no entren solidos a la trampa.
--	--	---

Fuente: [www.spiraxsarco.com](http://www.spiraxsarco.com)

## **2.8 CONSUMIDORES DE VAPOR.**

Los equipos que demandan la energía que entrega el vapor pueden ser manera directa o indirecta.

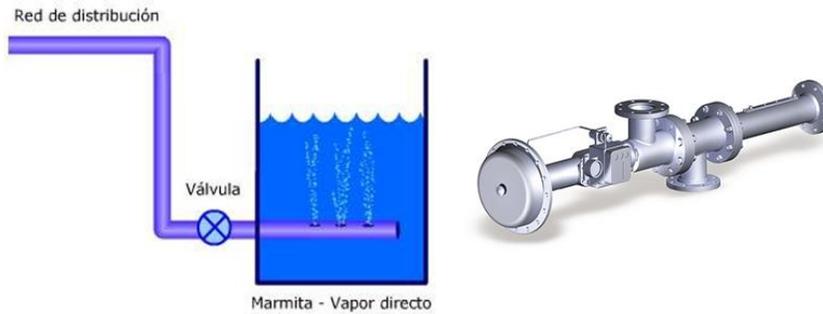
**VAPOR INDIRECTO:** El vapor ingresa al equipo por medio de un intercambiador de calor o serpentín, el cual cede su calor latente, transfiriendo la energía a un fluido o material de proceso. El vapor al ceder parte de su energía se transforma en condensado y sale del intercambiador o serpentín por la presión del sistema mediante la apertura de una trampa de vapor, el ampliamente utilizado en la industria por que provee un calentamiento rápido y parejo.



Fuente: [www.tlv.com](http://www.tlv.com)

*Ilustración 2-0-12 Equipos que usan vapor indirecto*

**VAPOR DIRECTO:** Cuando este ingresa directamente al fluido o al material de proceso cediendo el total de su energía, el sistema acumula masa con el condensado producido por el cambio de fase del vapor. Un ejemplo de este equipo es un calentador de agua con entrada de vapor con una flauta.



Fuente: [www.google.com/ marmita/vapor/calentador](http://www.google.com/marmita/vapor/calentador).

*Ilustración 2-0-13 Flauta para calentamiento de marmita, y calentador por inyección, vapor directo.*

## **2.9 AISLAMIENTO TERMICO.**

### **2.9.1 ¿QUE ES EL AISLAMIENTO TERMICO?**

Es el método en donde se recubre una superficie con materiales de ciertas características y propiedades con la finalidad de proporcionar resistencia al flujo de calor y reducir la transferencia de este. Con este proceso se busca minimizar las pérdidas de energía por transferencia de calor, proteger al equipo, al personal y al medio ambiente.

#### **2.9.1.1 FUNCIONES.**

Entre las funciones de un sistema de aislamiento, se encuentran las siguientes:

- ✓ Aumentar la eficiencia del sistema.
- ✓ Protección personal, de equipos y estructuras.
- ✓ Mantener y controlar la temperatura de procesos.
- ✓ Prevención de la condensación y la corrosión.
- ✓ Protección contra incendios.
- ✓ Protección contra congelación.
- ✓ Reducción del ruido y la vibración.
- ✓ Disminuye las alteraciones al medio ambiente, etc.

El uso del aislamiento no tan solo se limita a superficies calientes, si no también se aplica sobre superficies frías debido a que estas se encuentran por debajo de la temperatura ambiental, por lo que el calor se transfiere desde los alrededores hasta las mismas.

El sistema de aislamiento dependerá del tipo de requerimiento que se necesite en cada proceso; se pueden utilizar combinaciones para resguardar un mismo proceso.

Los tipos de requerimientos pueden ser los siguientes:

- Protección personal
- Conservación normal del calor o aislamiento económico
- Conservación total del calor o aislamiento ecológico
- Aislamiento especial (temperaturas mayores a 650 °C)
- Aislamiento de temperatura dual

El sistema de aislamiento está conformado por varios elementos que aseguran obtener el máximo beneficio.

- Materiales aislantes
- Materiales de sujeción
- Recubrimiento
- Enchaquetado
- Barreras de vapor (en caso de aislamiento en frío)

#### 2.9.1.2 PROPIEDADES.

Las propiedades de los materiales aislantes de mayor demanda son:

- Temperaturas límite: el rango de temperatura donde el material conserva sus propiedades.
- Conductividad térmica: la cantidad de calor que se transfiere a través del material.
- Alcalinidad o acidez: el material no debe contribuir con la corrosión.
- Coeficiente de expansión y contracción: determinar su comportamiento en operación.
- Combustibilidad: el material no debe contribuir con el riesgo de incendio.
- Resistencia a la compresión: deben ser capaces de soportar cargas y sufrir abuso mecánico.
- Densidad: afecta el desempeño térmico.
- Emisividad: capacidad del material de transferir calor a través del mecanismo de radiación.

- Estabilidad dimensional: mantener sus propiedades a lo largo de grandes extensiones.
- Resistencia al fuego: no contribuir con la propagación de fuego y producción de humo.
- Resistencia al crecimiento de hongos y bacterias: no permitir el desarrollo de microorganismos.
- Impermeabilidad: capacidad de no permitir el paso de sustancias a través de él.
- Toxicidad: desprendimiento de gases tóxicos.
- Absorción de sonido: atenuación del ruido en recintos cerrados.

### 2.9.1.3 CARACTERISTICAS DE MATERIALES AISLANTES.

Los materiales aislantes se caracterizan por tener una baja conductividad térmica (conductividad menor a  $0,1 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ ) (equivalente a  $\text{J}/(\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{K})$ ), debido a que son materiales que contienen cámaras llenas de gas, fase que posee baja conductividad térmica en comparación con la fase líquida o gas de materia y, por ende, no favorecen la transferencia de calor por conducción.

Dada la estructura de los materiales aislantes, se pueden clasificar en:

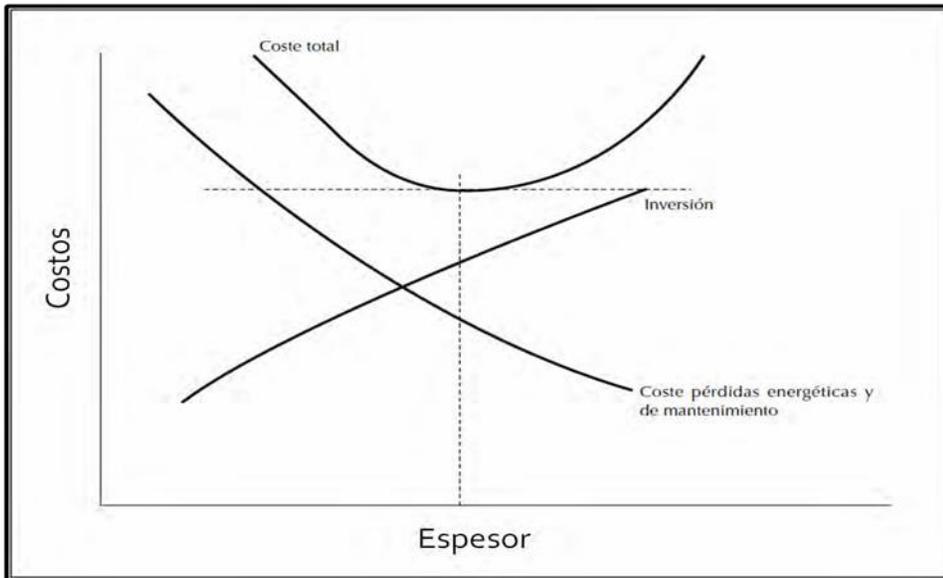
- Fibrosos: formados por fibras de diámetro muy pequeño; las fibras pueden estar dispuestas de manera vertical u horizontal, así como también pueden o no estar unidas.
- Celulares: contienen diminutas celdas individuales separadas unas de las otras
- Granulares: constituidos por pequeños módulos los cuales contienen espacios vacíos, pero permiten el paso de gas entre ellas.

El espesor del aislamiento dependerá de: el tipo de aislamiento requerido, las propiedades de los materiales que se estén empleando, la temperatura de proceso y las dimensiones de la tubería, recipiente o equipo a aislar.

Esencialmente existen tres grados de aislamiento en la industria.

- El primer grado es el más delgado (de  $0,002$  a  $0,020 \text{ m}$ ) y se enfoca en la prevención de lesiones de las personas que trabajan cerca de las instalaciones.
- El segundo grado es un grosor intermedio (de  $0,015$  a  $0,030 \text{ m}$ ), el cual se dirige a la reducción importante de la pérdida de calor (conocido como espesor óptimo), debido a que logra un balance entre la inversión del aislamiento y las pérdidas por calor como se muestra en la ilustración 2-14.

- El último grado (de 0,030 a 0,050 m) es el más grueso y se conoce como espesor ecológico porque se enfoca en reducir la pérdida de calor en lo máximo posible y proteger el medio ambiente.



Fuente: <http://transferenciadecolor502.blogspot.com/2016/01/aislamiento-termico.html>

Ilustración 2-0-14 Gráfico de costos en función del espesor del aislamiento.

Los aislamientos son fabricados en una variedad de formas de acuerdo a las aplicaciones y funciones específicas que se requieran. Tal como se observa en la ilustración 2-15 , las formas más usadas son:

- ✓ Láminas rígidas, placas y preformados
- ✓ Láminas flexibles y mantas
- ✓ Espumas , entre otros.



Fuente: [www.google.cl/tipos/de/aislamientos/mas/comunes](http://www.google.cl/tipos/de/aislamientos/mas/comunes).

*Ilustración 2-0-15 Diferentes presentaciones de aislamientos.*

#### 2.9.1.4 TEMPERATURAS DE APLICACIÓN DE LOS MATERIALES AISLANTES.

El uso de materiales aislantes se encuentra dentro de un rango de temperatura desde los -73 °C hasta los 815 °C. En el caso que las temperaturas se encuentren fuera de este rango, se aplicará otro tipo de recubrimiento en las distintas superficies, en los procesos menores a -73 °C se emplean criogénicos y para los mayores a 815 °C se utilizan materiales refractarios.

Dependiendo del rango de temperatura se clasifica en:

Baja temperatura (-73 a 16 °C)

Temperatura intermedia (16 a 315 °C)

Alta temperatura (315 a 815 °C)

#### 2.9.1.5 PRINCIPALES MATERIALES DE AISLAMIENTO.

Los materiales más frecuentemente empleados en la industria del aislamiento son:

Silicato de calcio (Calcium silicate): Aislamiento granular formado con silicato hidratado de calcio y sílice sin asbesto, reforzado con fibras orgánicas e inorgánicas. Mantiene integridad física a temperaturas muy altas y es incombustible. Es un material que se distingue por su durabilidad, resistencia y calidad en plantas industriales donde el abuso físico es un inconveniente. Una desventaja es que absorbe gran cantidad de agua, aunque permite ser secado a la intemperie. Su rango de servicio térmico abarca desde los -18 °C hasta 650 °C, aproximadamente.

Vidrio celular (Cellular glass): Formado por millones de células de vidrio sellada. Este producto es rígido e inorgánico, pero también es muy quebradizo y sensible a choques térmicos de alta temperatura. Es un material muy especial debido a que no absorbe líquidos ni vapores debido a que sus celdas son cerradas por completo, por lo que se utiliza en instalaciones con problemas de humedad. Su rango de servicio térmico es generalmente entre los -260 y 430 °C.

Fibra de vidrio (Fiber glass): Este aislante se forma a partir de vidrio fundido con materiales inorgánicos y se aglutinan con resinas orgánicas. Es un material muy versátil debido a su gran eficiencia térmica, estabilidad dimensional, incombustible, gran

absorción acústica y livianos (baja densidad). Su rango de servicio térmico es entre -40 y 540 °C.

Fibras minerales y lana de roca (Mineral wool y Rock wool, respectivamente): Se fabrican a partir de roca o escoria de hornos, sus fibras son cortas y pesadas por lo que necesitan mallas metálicas para mantener su integridad. Por su estructura permite el paso de vapor de agua, lo cual reduce el riesgo de condensación en su interior. Puede utilizarse en un rango grande de temperatura, que abarca desde los 0 hasta 1000 °C, aproximadamente.

Poliuretano (Polyurethane): Es una espuma plástica formada a partir de polielos e isocianatos; tienen la conductividad térmica más baja debido a que poseen gran cantidad de cavidades llenas de gases. Es un material inflamable y en ocasiones se le puede añadir sustancias retardantes de fuego que al mismo tiempo promueven el proceso de corrosión. El rango de temperatura se comprende desde los -210 °C hasta los 120 °C.

Poliestireno expandido (Styrofoam): Conocido como anime, es un material que se limita a temperaturas bajas debido a su poca resistencia contra el fuego, por lo que es utilizado principalmente en servicio en frío. Tiene una baja conductividad térmica por poseer celdas con gases. Su rango de servicio térmico se encuentra entre -50 y 75 °C.

Espuma fenólica (phenol foam): Espuma orgánica que tiene buen comportamiento contra el fuego debido a que no es inflamable, pero no tiene tan baja conductividad térmica como las demás clases de espumas. Su rango de servicio térmico está comprendido entre los -200 °C hasta los 150°C.

Perlita (Perlite): Producto vitrificado, fabricado a partir de cristales de roca volcánica y su estructura se mantiene por aglutinantes y fibras. Es un material muy frágil y abrasivo, no se pueden emplear en partes sometidas a vibraciones. Posee resistencia al fuego, no es inflamable ni tóxico. Su rango de servicio térmico va desde los 0 °C hasta los 750 °C aproximadamente.

Plástico elastomérico (elastomers): Resinas espumadas que poseen plásticos elastomérico y polietilenos que producen un cuerpo celular flexible. Son materiales con baja permeabilidad al vapor y al agua, permitiendo instalaciones sin barreras adicionales. Su principal limitación es que no posee mucha resistencia al fuego. Su rango de servicio térmico abarca desde los -100 °C hasta los 100 °C.

Fibra de cerámica (Ceramic fiber): Materiales que soportan temperaturas extremadamente altas, constituidos por fibras de cerámicas o minerales con alúmina y sílice unida con agentes aglutinantes. Posee una baja resistencia térmica. Su rango de servicio térmico va desde 950 °C hasta 1650 °C.

#### 2.9.1.6 ÁREAS MÁS HABITUALES CON OPORTUNIDADES DE MEJORA DEL AISLAMIENTO

-

- Cabezales de distribución
- Visores de inspección
- Válvulas
- Líneas de retorno de condensado
- Equipo de los usos finales
- Tanques de almacenamiento, vasijas, etcétera

Para cuantificar el impacto económico del aislamiento se necesitan algunos instrumentos básicos, software y datos básicos

- Cámara de termografía infrarroja
- Pistola de temperatura infrarroja
- Cinta métrica
- Software de evaluación del aislamiento.

Información del funcionamiento

- horas por año

Condiciones ambientales

- temperatura
- viento



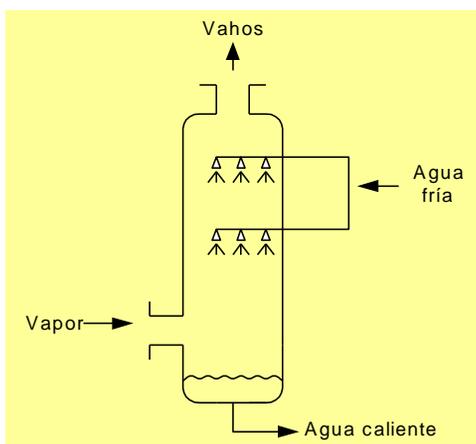
Fuente: [www.google.com/images/medicion/vibraciones/](http://www.google.com/images/medicion/vibraciones/)

*Ilustración 2-16 Medición de vibraciones.*

## **2.10 USO DEL CONDENSADOR DE VAPOR.**

- ✓ Se utiliza para obtener agua caliente aprovechando los vapores residuales de baja, enfriándolos usualmente con agua fría.
- ✓ Está formado por un depósito cilíndrico vertical, con varias entradas y salidas:
  - Entrada de agua refrigerante.
  - Entrada vapor de baja presión.
  - Salida de agua condensada.
  - Salida de incondensables.

### **Torre para recuperación de calor por condensación de vapores.**



Fuente: Elaboración propia.

## **2.11 MEDIDAS DE AHORRO DE VAPOR POR AREAS.**

### Generación.

- Minimizar el exceso de aire de combustión.
- Limpiar las superficies de transferencia de calor de las calderas.
- Considerar calderas de alta presión con turbinas de contrapresión.
- Mejorar el tratamiento de agua para minimizar la purga de la caldera.
- Optimizar la tasa de venteo del des aireador.

### Distribución.

- Reparar las fugas de vapor.
- Minimizar el vapor venteado.
- Asegurar un buen aislamiento en tuberías, válvulas, accesorios y tanques.
- Implementar un programa de mantenimiento de trampas de vapor.
- Aislar el vapor de las líneas en desuso.
- Usar turbinas de contrapresión en vez de válvulas de reducción de presión.

### Recuperación.

- Optimizar la recuperación de condensado.
- Usar condensado de alta presión para producir vapor de baja presión.
- Instalar equipos de recuperación de calor como economizadores.
- Recuperar energía de la purga de la caldera.
- Recuperar energía térmica de corrientes residuales.

**CAPITULO 3: COSTOS ASOCIADOS A LA GENERACION Y RED DE  
DISTRIBUCION DE VAPOR.**

**3.1 CALDERAS.**

**3.1.2 REGULAR EL EXCESO DE AIRE EN LA CALDERA**

- Consiste en regular los flujos de aire (mediante la apertura del “dámper” del ventilador) y combustible (mediante la válvula de ingreso al quemador).
- Para quemadores de tiro forzado y aire sin precalentar, los niveles de exceso de aire a conseguir mediante los ajustes del sistema de control serán los que se indican en la siguiente tabla n° 3-11.

**TABLA NO. 3.-11 NIVEL RECOMENDADO DE EXCESO DE AIRE Y OTROS  
PARÁMETROS**

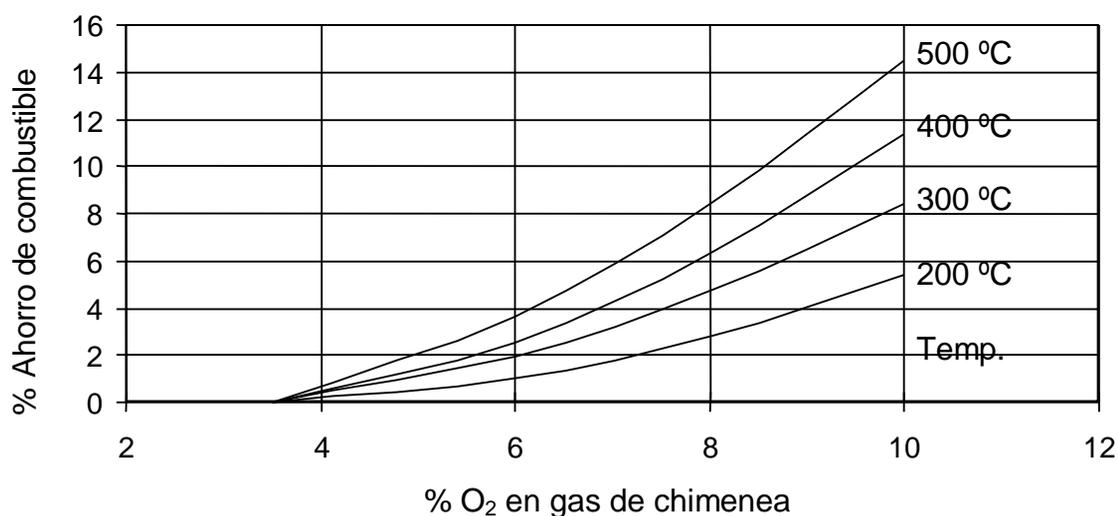
Combustible	Parámetro			
	Exceso aire (%)	O <sub>2</sub> en chimenea (%)	CO en chimenea (ppm)	Opacidad de humos (Indice Bacharach)
Gas natural	10 máx	2,0 máx	50 máx	0
Diesel	20 máx	3,5 máx	200 máx	3 máximo
Residual	25 máx	4,0 máx	400 máx	4 máximo

Fuente: Uso Racional de Energía: Manual para consultores y expertos

Para realizar un buen ajuste del exceso de aire, logrando una combustión adecuada, es necesario obtener una buena mezcla aire-combustible.

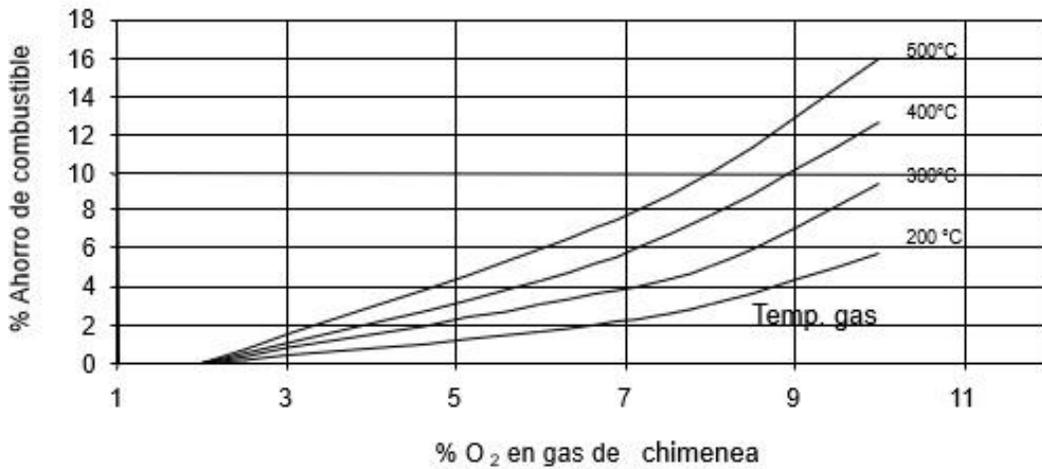
- Los ahorros a obtenerse, al reducir el exceso de aire pueden ser cuantiosos dependiendo del nivel de exceso encontrado.
- En el Gráfico No. 123456y Gráfico No. 123456se ilustra el ahorro de combustible obtenible al reducir el exceso de aire para dos tipos de combustibles.

GRÁFICO N°. 1-1 AHORRO DE PETRÓLEO AL REDUCIR EL EXCESO DE AIRE AL 20%



Fuente: Uso Racional de Energía: Manual para consultores y expertos.

GRAFICO N°1-2 AHORRO DE GAS NATURAL AL REDUCIR EL EXCESO DE AIRE AL 10%



Fuente: Uso Racional de Energía: Manual para consultores y expertos.

3.1.3 REEMPLAZAR QUEMADORES.

3.1.3.1 SISTEMAS ON- OFF.

Este funcionamiento de encendido y apagado conlleva menor eficiencia energética y mayor desgaste, ya que la caldera funciona a máxima potencia y se ve obligada a arrancar y parar constantemente.

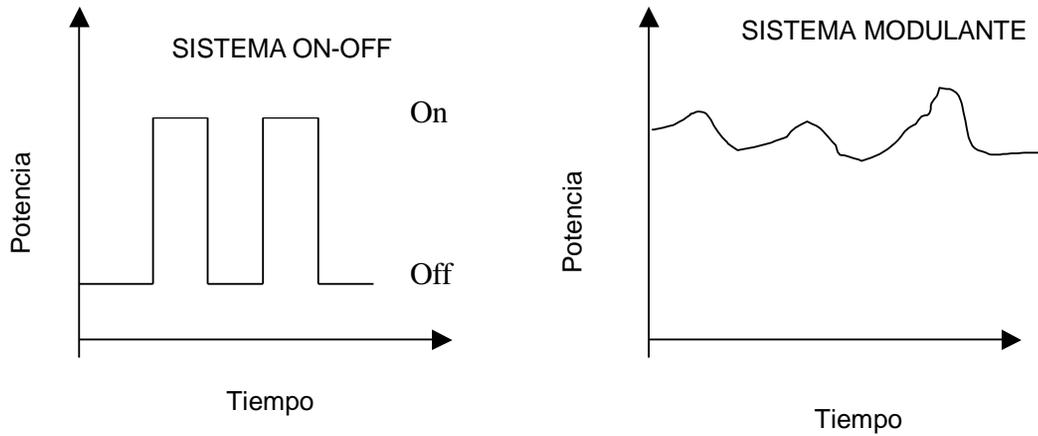
A diferencia del:

3.1.3.2 SISTEMA MODULANTE.

Este tipo de conexión reduce el régimen de trabajo de la caldera para conseguir un mayor ahorro energético y durabilidad del equipo.

Su mecanismo de funcionamiento es de enviar información constante sobre la temperatura de ambiente, esto quiere decir que funcionaría como una sonda de temperatura.

Gráfico N°1-3 Sistema On-off y sistema modulante.

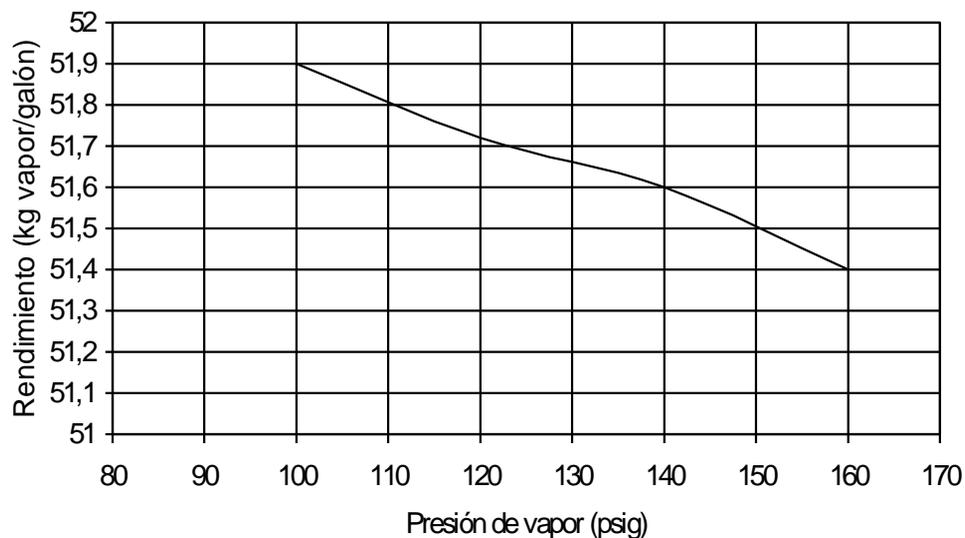


Fuente: Uso Racional de Energía: Manual para consultores y expertos.

#### 3.1.4 REDUCIR LA PRESION DEL VAPOR.

- A medida que la presión del vapor en una caldera se incrementa, también aumentan las pérdidas de energía.
- A veces es posible reducir la presión de vapor a un nivel compatible con las necesidades de temperatura del usuario y con el diseño de las instalaciones de distribución de vapor.

#### GRÁFICO NO. 1-3 EFECTO DE LA PRESIÓN DE VAPOR EN EL RENDIMIENTO.



Fuente. Fuente: Uso Racional de Energía: Manual para consultores y expertos.

**Si la reducción es excesiva**

- Incremento del arrastre de humedad en la caldera.
- Excesivas velocidades en las tuberías existentes.
- Funcionamiento inadecuado de trampas e instrumentos sensibles a la temperatura.
- Menor transferencia de calor en los equipos usuarios de vapor.
- Pérdida de rendimiento en equipos accionados por vapor.

**3.2 AGUA.**

**3.2.1 REDUCCION DE LA FORMACION DE DEPOSITOS.**

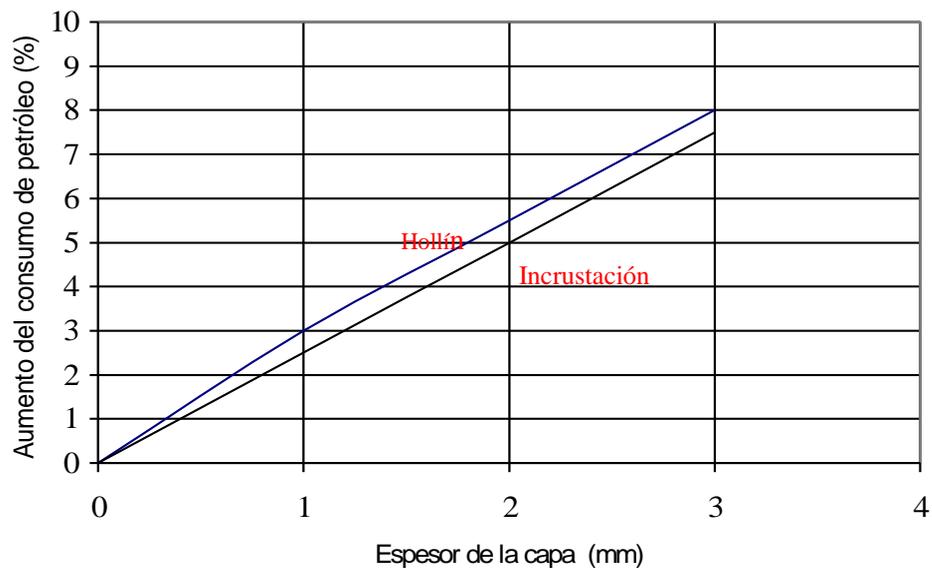
- En una caldera pueden formarse depósitos tanto en el lado del agua como en el lado de los gases.
- Una calidad pobre del agua afecta el funcionamiento de la caldera de dos maneras:
- Se requiere una mayor purga dando como resultado mayores pérdidas de calor.
- Los depósitos de sales (incrustaciones) en los tubos, constituye una barrera a la transferencia de calor gases-agua.

**TABLA N° 1-12 IMPUREZAS COMUNES EN EL AGUA Y POSIBLES EFECTOS QUE PRODUCEN CUANDO SON USADAS DIRECTAMENTE EN GENERADORES DE VAPOR.**

<b>COMPOSICION QUIMICA</b>	<b>ORIGEN DE LAS SUSTANCIAS CONTAMINANTES</b>	<b>EFFECTOS EN LAS CALDERAS.</b>
Bicarbonato de Calcio: $\text{Ca}(\text{HCO})_2$	Depósitos minerales	Incrustación.
Carbonato de Calcio: $\text{CaCO}_3$	Depósitos minerales	Incrustación.
Cloruro de Calcio: $\text{CaCl}_2$	Depósitos minerales	Incrustación.
Sulfato de Calcio: $\text{CaSO}_4$	Depósitos minerales	Incrustación y Corrosión.
Acido Carbónico: $\text{H}_2\text{CO}_3$	Descomposición de materia orgánica; Absorción de la atmosfera; Depósitos minerales.	Corrosión.
Acido Libre: $\text{HCL}, \text{H}_2\text{SO}_4$	Desperdicios Industriales.	Corrosión.
Bicarbonato de Magnesio: $\text{MG}(\text{HCO}_3)_2$	Depósitos minerales.	Incrustación.
Carbonato de Magnesio: $\text{MgCO}_3$	Depósitos minerales.	Incrustación.
Cloruro de Magnesio: $\text{MgCL}_2$	Depósitos minerales	Incrustación y corrosión.
Aceites y grasas	Desperdicios industriales	Corrosión, depósitos y espumas.
Materia orgánica y alcantarillado	Desperdicios domésticos industriales	Corrosión, depósitos y espumas.
Oxigeno: $\text{O}_2$	De la atmosfera.	Corrosión,
Sílice: $\text{SiO}_2$	Depósitos minerales	Incrustación.
Bicarbonato de Sodio: $\text{NaHCO}_3$	Depósitos minerales	Espuma y fragilidad
Carbonato de Sodio: $\text{Na}_2\text{CO}_3$	Depósitos minerales	Espuma y fragilidad.
Cloruro de Sodio: $\text{NaCl}$	Desperdicios industriales, Depósitos minerales.	Inerte, pero puede ser corrosivo bajo ciertas condiciones
Solidos suspendidos	Desperdicios industriales	Espumas, lodos o incrustaciones.

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO NO. 1-4 INCREMENTO DEL CONSUMO DE PETRÓLEO POR ACUMULACIÓN DE SUCIEDAD EN LOS TUBOS.



Fuente: Uso Racional de Energía: Manual para consultores y expertos.

### **3.3 FUGAS DE VAPOR.**

“Las fugas de vapor son un componente esencial del sistema, si no las oigo o no las escucho, ¿Cómo sé que el sistema está funcionando?”

Se pueden encontrar fugas de vapor en cualquier parte, pero los lugares más comunes son:

- Bridas y uniones de juntas
- empalmes de tuberías
- Válvulas, vástagos y empaquetaduras
- trampas de vapor
- válvulas de seguridad
- Fallas en tuberías, etcétera

Estimando un "orden de magnitud" de las pérdidas de vapor se puede determinar si la reparación tiene que hacerse inmediatamente, durante la siguiente parada, o si puede hacerse sin desconectar la parte afectada

Las fallas en las tuberías (pérdidas de vapor) son muchas veces una "cuestión de seguridad" que hay que resolver inmediatamente

TABLA N°1-13 PERDIDAS DE VAPOR POR FUGAS.

Según longitud de altura en tubería de vapor		Según el tamaño de orificio (vapor a 100 psi)	
Longitud (m)	Kg/h	Orificio (pulg)	Kg/h
0,50	6	1/8	21
0,75	11	3/16	48
1,00	16	¼	77
1,25	26	3/8	186
1,50	38	½	318
1,75	66		
2,00	104		
2,25	161		

Fuente: Uso Racional de Energía: Manual para consultores y expertos.

### 3.3.1 MÉTODOS PARA DETERMINAR EL IMPACTO ECONÓMICO DE LAS FUGAS DE VAPOR

- A partir de la experiencia y de la observación - altura de la tubería.
- A partir de mediciones y cálculos usando la ecuación de flujo obstruido - ecuación de Napier
- Mediciones de campo con un tubo de pitot
- Técnica ultrasónica, a partir de los instrumentos y del protocolo (estándar) especificados por el fabricante
- Otros sistemas o metodologías de balanceo del equipo

Se puede medir la fuga de condensado con un cronómetro y metodología de la cubeta

Se puede determinar el costo de una fuga de vapor multiplicando la tasa de fuga por el costo unitario del vapor.

### 3.3.2 ACCIONES RECOMENDADAS DE FUGAS.

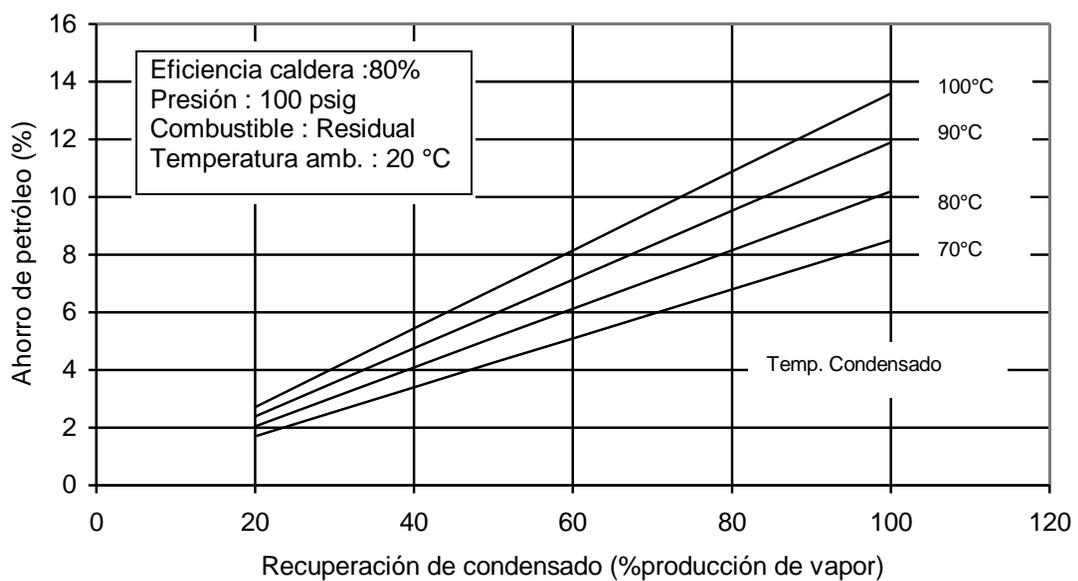
- Todas las plantas tienen fugas de vapor y todas las plantas industriales tendrían que tener un programa de gestión de fugas de vapor basado en la mejora continua

- Estimando un "orden de magnitud" de las pérdidas de vapor se puede determinar si la reparación tiene que hacerse inmediatamente, durante la siguiente parada, o si puede hacerse sin desconectar la parte afectada.

### **3.4 RECUPERAR CONDENSADOS DE VAPOR.**

- El condensado normalmente retorna a una temperatura de 70 a 90 °C, y tiene una cantidad de calor que puede ser aprovechada.
- Si el condensado (que es esencialmente agua pura) se pierde; el agua de alimentación tiene que ser tratada.
- El agua de alimentación que reemplaza a un condensado no aprovechado contiene impurezas que incrementan el régimen de purga y las pérdidas de calor asociados a dicha purga.

**GRÁFICO N° 1-5. AHORRO DE COMBUSTIBLE POR RECUPERACIÓN DE CONDENSADO.**



Fuente: Uso Racional de Energía: Manual para consultores y expertos.

TABLA N°1-14 AHORRO POR MEJORA DE AISLAMIENTO.

Item	Descripción	Unidad	Unidad S.I.
1	Calor dejado de perder	109 633 333 kcal/año	458 706 MJ / año
2	Poder Calorífico inferior D2	33 000 kcal/gal	138 MJ / año
3	Ahorro de combustible	2 990 gal/año	11,32 m <sup>3</sup> / año
4	Ahorro económico	3 260 US\$/año	3 260 US \$ / año

Fuente: Auditoria energética Hospital.

### **3.6 RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO PARA OPTIMIZAR COSTOS.**

#### **3.6.1 FALLA**

Para diagnosticar una falla es importante saber ¿qué es una falla?

Una falla es una condición no deseada, que hace que el elemento (estructural) no desempeñe la función para la cual existe, y/o fue diseñado.

Para detectar una falla podríamos hacer una comparación de lo que está sucediendo con lo que debería suceder.

Tras presentada una falla es importante conocer y poder identificar el ¿Cómo? ¿Cuándo? y ¿Por qué? Se presento dicha anomalía, es por ello que a continuación se presentan los pasos a seguir para poder llevar a cabo la investigación.

- Estudio de las condiciones de trabajo y comparación de las condiciones consideradas en el diseño.
- Estudio a fondo de la pieza en falla, inspección visual minuciosa, verificación de sus dimensiones.
- Uso de métodos de inspección tales como: inspección no destructiva, inspección metalográfica, ensayos mecánicos-tecnológicos, análisis químicos, microfractografía y microanálisis.
- Estudio teórico y experimental con modelos de iguales características de la pieza fallada.
- Conclusiones de la investigación.

Las consecuencias de una falla pueden ir desde el lucro cesante o pérdida de producción, pasando por las horas hombre improductivas de operaciones, la rotura y degradación de las maquinas sin dejar de lado un posible daño ambiental en determinadas empresas, como también a las personas.

En una red de distribución de vapor podremos encontrar diversas fallas ya comunes, las formas de localizarlas y su corrección.

### 3.6.2 MEJORES PRÁCTICAS HABITUALES

- Reparar las fugas de vapor
- Minimizar el venteo de vapor
- Asegurarse de que las tuberías de vapor, válvulas, empalmes y vasijas estén bien aisladas.
- Aislar el vapor de las líneas fuera de uso
- Minimizar los flujos que pasan por las estaciones de alivio de presión
- Reducir la caída de presión en los cabezales
- Drenar el condensado de los cabezales de presión.

## 3.7 AISLACION TERMICA.

### 3.7.1 ACCIONES RECOMENDADAS AISLAMIENTO.

- Hay varias razones por las que el aislamiento se estropea o falta
- Esas áreas provocan pérdidas significativas de energía. Habría que implementar un programa de evaluación (auditoría) del aislamiento basado en la mejora continua en todas las plantas industriales
- Para cuantificar el impacto económico provocado por el aislamiento faltante o dañado, se necesitan algunos instrumentos básicos, modelos de transferencia de calor y datos de los procesos.

### 3.7.2 MEJORAR AISLAMIENTO.

- Típicamente las calderas y sistemas de vapor en el país trabajan a una presión de 100 a 150 psig, donde las instalaciones desnudas tienen temperaturas entre 155 a 170 °C aprox.
- Se crean gradientes de temperatura con el aire exterior que producen pérdidas de energía.
- El aislamiento permitirá evitar que aprox. un 90% de la energía se pierda innecesariamente.
- Es muchas veces suficiente y adecuado usar aislamiento de fibra de vidrio.

TABLA N°1-15 ESPESORES DE AISLANTES RECOMENDADOS.

Diámetro de tubería.	Espesor de aislante (cm)		
	150°C	200°C	260°C
(Pulg)			
1.0	1.0	1.0	1.0
1.5	1.0	1.0	1.5
2.0	1.0	1.5	1.5
2.5	1.5	1.5	1.5
3.0	1.5	1.5	1.5
4.0	1.5	1.5	1.5
6.0	1.5	1.5	2.0
8.0	1.5	2.0	2.0
10.0	2.0	2.0	2.0

Fuente: Elaboración propia.

### 3.8 MANTENIMIENTO.

Podemos definir el mantenimiento como todas las acciones necesarias para que un equipo sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición especificada.

- Objetivos de la mantención:

Para poder lograr el óptimo funcionamiento de cada uno de los sistemas y subsistemas presentes en la industria, es primordial poseer un plan de mantenimiento correcto, el cual sea capaz de anteponerse a las fallas y al mismo tiempo poseer la capacidad de reacción necesaria para actuar a tiempo frente a fallas inesperadas. Es por ello que la mantenimiento debe ser capaz de:

1. Lograr que los bienes se conserven en buenas condiciones operacionales.
2. Asegurar el funcionamiento normal y eficiente de los bienes para lograr los niveles de servicios o producción programados al menor costo.
3. Aumentar la vida útil de los bienes.
4. Lograr lo anterior dentro de los factores de seguridad establecidos.
5. Finalmente se puede decir, que el objetivo principal, es lograr la mayor producción, con calidad y a un bajo costo.

➤ Deberes de un servicio de mantenimiento:

El deber de un servicio de mantenimiento es saber encontrar u aplicar, soluciones inmediatas, que ayuden y vayan en beneficio de la empresa. La misión básica de este servicio es la utilización optimizada de la mano de obra, materiales, dinero y equipamiento. Esto se logra a través de los siguientes puntos:

- ✓ Garantizar la disponibilidad ilimitada de instalaciones y equipamiento.
- ✓ Crear una confiabilidad absoluta en las instalaciones y el equipamiento.
- ✓ Asegurar que el proceso opere dentro del control estadístico
- ✓ Reparar y restaurar la capacidad productiva que se haya deteriorado.

Reemplazar o reconstruir la capacidad productiva agotada.

➤ Propósitos:

- a) Realizar un mantenimiento programado en lugar de esperar a que falle el equipo.
- b) Proporcionar un control efectivo de los recursos de mantenimiento.
- c) Proporcionar un nivel adecuado de mantenimiento.
- d) Correlacionar los recursos de mantenimiento con carga de trabajo.
- e) Proporcionar un método de valorar la diferencia entre el costo real de un trabajo y lo que debería costar.

### 3.8.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO.

Existen tres grandes criterios para la identificación del trabajo que se realiza en mantenimiento: correctivo, preventivo y predictivo.

#### 3.8.1.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO:

Se presenta con la falla y consiste en el reacondicionamiento del sistema, cuando esta aparece. No es programado en su esencia; sin embargo, es programado en las acciones que se toman para corregir la anomalía, tiene por objetivo dejar un equipo en condiciones normales de funcionamiento posterior a una falla.

#### 3.8.1.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

Es la base sobre la cual debe asentarse la gestión de mantenimiento. Por su alcance, pudiera no ser económico, sobre todo durante el proceso de desarrollo e implementación. Requiere de la participación no solo del personal de mantenimiento, sino también de los propios operarios de los sistemas bajo la acción del manteniendo o la de servicios externos. Su punto de apoyo está en las recomendaciones de los fabricantes y en los aportes que dan tanto los operadores del sistema como el propio personal de mantenimiento.

#### 3.8.1.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO:

El mantenimiento predictivo se basa en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin detención de la producción. Estos controles pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, en función de tipos de equipo, sistema productivo, etc. Para ello, se usan instrumentos de diagnóstico, aparatos y pruebas no destructivas, como análisis de lubricantes, comprobaciones de temperatura de equipos eléctricos, análisis de vibraciones, etc. Por otro lado, se realiza el monitoreo de las condiciones del equipo mientras éste se encuentra trabajando.

### 3.9 MATRIZ COMPARATIVA DE LOS MANTENIMIENTOS.

A continuación, se presentan cuadros resumen agregando otras variables a las consideradas anteriormente.

TABLA N°1-16 COMPARACIÓN DE LOS TRES TIPOS DE MANTENIMIENTOS.

<b>COSTOS</b>	<b>CORRECTIVO</b>	<b>PREVENTIVO</b>	<b>PREDICTIVO</b>
<b>Para implementar</b>	Bajo	Mediano	Altos
<b>Improductivos</b>	Altos	Mediano	Muy Bajos
<b>Tiempo de Parada</b>	Altos o indefinido	Predefinido	Mínimos
<b>Asociado a existencia de Repuestos</b>	Alto consumo e indefinido	Alto consumo y definido	Consumo mínimo

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N°1-17. CUADRO COMPARATIVO DE TIPOS DE MANTENIMIENTOS

<b>COMPARATIVO</b>	<b>CORRECTIVO</b>	<b>PREVENTIVO</b>	<b>PREDICTIVO</b>
<b>¿Cuándo se realiza?</b>	Cuando existe una falla	De Forma periódica, antes de que ocurra una falla. Hacer ajustes por estadística.	De forma periódica o continua según síntomas
<b>¿En qué consiste?</b>	Modificaciones, Cambios	Reparar, Cambiar, Modificar	Uso de tecnologías para detectar fallas
<b>Ventajas</b>	Mayor tiempo de vida útil, Menores gastos de reparación	Buen funcionamiento del equipo	Reduce los tiempos de parada.
<b>Funciones</b>	Mantener en buen estado los equipos y que tengan un buen funcionamiento.	Reparación del equipo que presenta la falla.	Permite el análisis estadístico del sistema. Reparar antes de la falla del equipo.

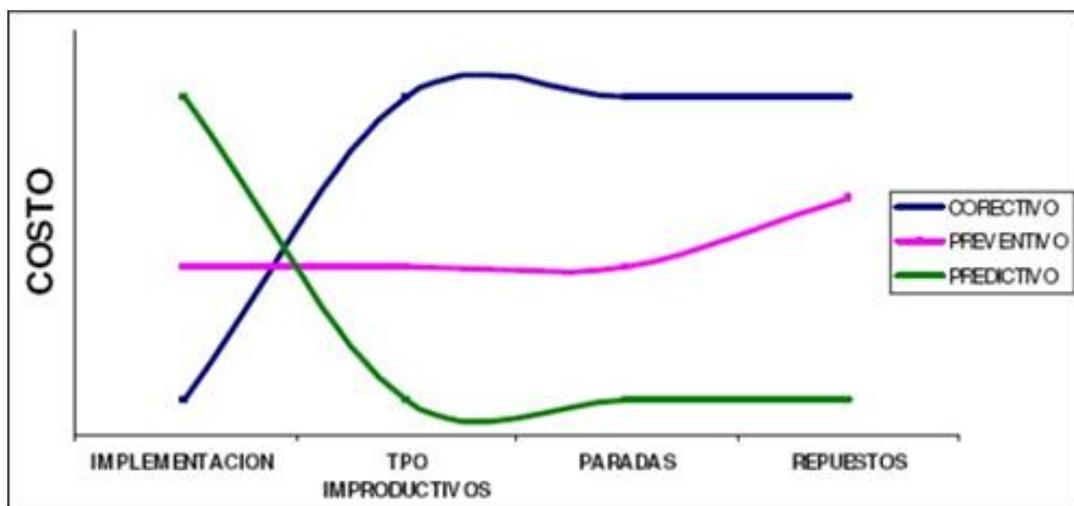
Fuente: Elaboración propia.

TABLA N°1-18. VENTAJAS O DESVENTAJAS DE LOS MANTENIMIENTOS.

ELEMENTO	Preventivo	Correctivo	Sintomático
Costo Total (Mantenimiento + Producción)	Mediano – Alto	Alto	Mediano – Bajo
Necesidad de Personal	Mediano	Alto	Mediano – Bajo
Requiere de personal Especializado	Mediano	Mediano	Alto
Necesidad de Stocks de Materiales	Mediano-Alto	Alto	Mediano – Bajo
Fallas Imprevistas	Mediano	Alto	Bajo
Disponibilidad de Equipos	Mediano	Bajo	Alto
Nivel de Confiabilidad	Mediano	Bajo	Alto
Necesidad de Planificación	Alto	Bajo	Alto
Anticipación de la Programación	Mediano	Bajo	Mediano
Necesidad de Manejo de Información	Mediano – Bajo	Bajo	Alto

Fuente: Elaboración propia.

GRAFICO N°1-5 COMPARATIVO DE LOS TIPOS DE MANTENIMIENTOS.



Fuente: Elaboración propia.

### **3.10 MANTENIMIENTO SINTOMATICO PREDICTIVO.**

El mantenimiento "sintomático" se basa en identificar y medir "síntomas" que presentan las máquinas antes de fallar. Cuando los síntomas llegan a valores críticos se debe planificar acciones de mantenimiento sobre la máquina, que corresponde al Mantenimiento Preventivo. También es conocido como Mantenimiento por Condición. Hay máquinas que no se puede aplicar este tipo de mantenimiento, debido a que no presentan síntomas antes de fallar.

Se puede subclasificar como:

Nivel I: La audición para detectar ruidos. El olfato, olor a quemado. El tacto en aumento de temperaturas y vibraciones. La vista para detectar vibraciones, fugas, cortocircuitos y humos.

Nivel II: Uso de instrumentos básicos que pueden indicar valores críticos de variables relacionados con síntomas, fáciles de entender. Entre estos instrumentos, tenemos: manómetros, termómetros, amperímetros, luces indicadoras, etc. Las máquinas modernas traen incorporados estos instrumentos básicos.

Nivel III: Uso de técnicas e instrumentos sofisticados para medir variables importantes en las máquinas relacionadas con síntomas. Este nivel corresponde al llamado Mantenimiento Predictivo con sus técnicas más conocidas, tales como: Análisis de Vibraciones, Ultrasonido, Termografía y Análisis de Aceites.

Para esto es necesario realizar procedimientos diarios , mensual y anual.

### **3.11 MANTENIMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR.**

#### **3.11.1 PROCEDIMIENTOS MANTENIMIENTO DIARIO.**

Toda la red de distribución de vapor debe ser revisada diariamente para determinar si hay pérdidas en uniones, tees, codos, válvulas etc.

1. Revisar las juntas de expansión ajustando los topes de sujeción y la prensa estopa en los casos que sea necesario.
2. Revisar el aislante térmico por desprendimiento, erosión, etc.
3. Inspeccionar el funcionamiento correcto de las trampas de vapor.

#### **3.11.2 PROCEDIMIENTOS MANTENIMIENTO MENSUAL.**

1. Inspeccionar el estado de los anclajes y soportes del sistema de tubería.
2. Determinar si existe vibración en las tuberías. Aun el menor temblor puede convertirse en algo serio si no se remedia de inmediato. Reporte cualquier problema cualquier problema de vibración tan pronto como sea posible para tomar las medidas correctivas correspondientes.
3. Los ganchos o soportes doblados o desprendidos causan drenajes inapropiados y deformación de las juntas y pueden finalmente causar escapes. Cualquier defecto por desalineamientos debe reportarse y corregirse cuando ellos existan. Asegurarse que cada gancho este montado adecuadamente para soportar la tubería.
4. Limpiar la superficie exterior de las tuberías de tal forma que los escapes y los desperfectos del forro aislante puedan ser fácilmente vistos y reparados. Pinte de acuerdo al código de colores, cuando sea necesario.
5. Repare cualquier rotura o grieta que tenga el forro aislante.
6. Revisar el tanque de condensado y sus accesorios.
7. Revisar el funcionamiento de las válvulas reductoras de presión; poner atención a ruidos extraños durante la operación. Chequear la presión correcta del lado de baja presión.
8. Chequear las tuberías de entrada y salida a las válvulas y asegurarse que no ocasionan deformación en el cuerpo de la válvula.
9. Limpiar los filtros de toda la instalación.

### 3.11.3 PROCEDIMIENTOS MANTENIMIENTO TRIMESTRAL.

Además de realizar todas las operaciones correspondientes al mantenimiento mensual, se deberá de adicionar las siguientes:

1. Chequear todas las válvulas del sistema de distribución para asegurarse de que están en condiciones adecuadas de trabajo.
2. Examine la tubería de alimentación y de descarga y asegúrese que estas no producen deformaciones en el cuerpo de la válvula.

### 3.11.4 PROCEDIMIENTOS MANTENIMIENTO ANUAL.

Además de las operaciones de mantenimiento diario, mensual y trimestral procédase a ejecutar los siguientes:

1. Desmontar las trampas de vapor para asegurarse de que todos sus elementos funcionan en condiciones adecuadas. Limpiar y reemplazar cualquier parte que sea necesaria.
2. Revisar y desmontar todos los manómetros de la instalación.
3. Quitar la tapa de las válvulas de retención, inspeccionar la bisagra y el buje por si tiene movimiento libre o desgaste excesivo.
4. Quitar cualquier reparación que sea necesaria, en cada caso síganse las instrucciones del fabricante.
5. Inspeccionar y probar las válvulas de seguridad.
6. Cambiar las empaquetaduras de las juntas de expansión.
7. Inspeccionar todas las válvulas del sistema de distribución para asegurarse que funcionan en condiciones adecuadas y efectuar cualquier reparación que sea necesaria. En cada caso síganse las instrucciones del fabricante.

## **CONCLUSION.**

Dada la importancia del vapor dentro de las industrias y la peligrosidad que este puede suponer en instalaciones que no presentan condiciones adecuadas, se desarrolló este plan de mantenimiento preventivo como una propuesta para lograr un ordenamiento en cuanto a la generación y calidad del vapor de uso industrial, donde se tiene un especial énfasis en la red de distribución de vapor, ya que, sin ella no se pueden lograr los suministros adecuados a los equipos de procesos en cuanto, a cantidad, calidad, costos asociados al uso industrial, además de la propuesta de la inspección y mantención que conlleva el aseguramiento del suministro de vapor bajo los requerimientos de las empresas, en ese sentido el trabajo permite ordenar y recopilar información para lo anteriormente expuesto y que está fuertemente vinculado con la eficiencia energética.

La implementación de una u otra propuesta, a pesar de ser una inversión en capital, son consideraciones convenientes para tener en cuenta si comparamos el costo que puede llegar a producir una falla no esperada y sin mencionar el riesgo de accidentes que pueden ocasionar, así mismo, obtendremos un mayor desempeño de la instalación y ahorro de combustible en los procesos.

Entre las ventajas que presenta este tipo de mantenimiento se encuentran:

- Bajo costo en relación con el mantenimiento predictivo
- Reducción importante del riesgo por fallas o fugas.
- Reduce la probabilidad de paros imprevistos.
- Permite llevar un mejor control y planeación sobre el propio mantenimiento a ser aplicado en los equipos.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

[BROWN, Theodore L.; LEMAY, Jr., H. Eugene.; BUSRTEN, Bruce E.; BURDGE., Julia R. (2004). Química, la ciencia central (9.<sup>a</sup> edición). Atlacomulco 500-5to. Piso Industrial Atoto53519 Naucalpan de Juárez, Edo. de México: PEARSON EDUCACIÓN.]

[Serway, RAYMOND A.; JEWETTt, John W. (2004). Physics for Scientists and Engineers (en inglés) (6<sup>a</sup> edición). Brooks/Cole. ISBN 0-534-40842-7. ]

[CAMPSA. Manual técnico sobre la utilización de combustibles líquidos en la industria.]

[SABACA, Mariano (2006). Automatismos y cuadros eléctricos. McGraw Hill. ISBN 84-481-4799-5.]

[Morris, Alan S.; Langari, Reza (2011). «4: Calibration of Measuring Sensors and Instruments». Measurement and Instrumentation: Theory and Application (en inglés). Academic Press. p. 103. ISBN 9780123819628. ]

[Pommerville, Jeffrey C. (2010). Alcamo's fundamentals of Microbiology (4ta edición). Jones and Bartlett Publishers.]

[Resnick,Robert & Krane, Kenneth S. (2001). Physics (en inglés). Nueva York: John Wiley & Sons. ISBN 0-471-32057-9.]

## ANEXOS

### A) RESUMEN DECRETO N° 10

#### TÍTULO I. Disposiciones generales

- Párrafo I. Ámbito de aplicación - art. 1
- Párrafo II. Definiciones - art. 2
- Párrafo III. Del registro de calderas y autoclaves - arts. 3 a 7
- Párrafo IV. De los equipos que utilizan vapor de agua - art. 8

#### TÍTULO II. De las condiciones generales de instalación y seguridad de las calderas de vapor, autoclaves y equipos que utilizan vapor de agua

- Párrafo I. De la sala de calderas de vapor - arts. 9 a 15
- Párrafo II. De los autoclaves y equipos que utilizan vapor de agua - art. 16
- Párrafo III. Del diseño de las calderas de vapor, autoclaves, equipos que utilizan vapor de agua y los circuitos de vapor - arts. 17 y 18
- Párrafo IV. Del agua - arts. 19 y 20
- Párrafo V. Accesorios de observación, seguridad y control automático - arts. 21 a 40
- Párrafo VI. De las revisiones y pruebas de las condiciones de seguridad de las calderas de vapor, autoclaves, equipos que trabajan con vapor de agua, sus componentes, accesorios y redes de distribución - arts. 41 a 44
- Párrafo VII. De la revisión interna y externa - arts. 45 y 46
- Párrafo VIII. De la prueba hidrostática - arts. 47 a 49
- Párrafo IX. De la regulación de la válvula de seguridad - art. 50
- Párrafo X. De la prueba de acumulación de vapor - art. 51
- Párrafo XI. De la revisión de la red de distribución de vapor, componentes y accesorios - art. 52
- Párrafo XII. Pruebas especiales - art. 53

#### TÍTULO III. De las condiciones generales de instalación y seguridad de las calderas de calefacción y calderas de fluidos térmicos

- Párrafo I. De las condiciones generales de instalación - arts. 54 y 55
- Párrafo II. Accesorios de observación, seguridad y control automático - arts. 56 a 61
- Párrafo III. De las revisiones y pruebas de las condiciones de seguridad de las calderas de calefacción y calderas de fluidos térmicos, sus componentes, accesorios y redes de distribución - arts. 62 a 64
- Párrafo IV. De la revisión interna y externa - art. 65
- Párrafo V. Verificación de funcionamiento de la válvula de alivio o seguridad - art. 66
- Párrafo VII. Verificación de funcionamiento del termostato - art. 67
- Párrafo VIII. De la revisión del circuito de calefacción, componentes y accesorios - art. 68

- Párrafo IX. Pruebas especiales - art. 69

TÍTULO IV. De los combustibles - arts. 70 y 71

TÍTULO V. De las excepciones a las revisiones y pruebas de las condiciones de seguridad de las calderas, autoclaves, equipos que trabajan con vapor de agua y accesorios - art. 72

TÍTULO VI. De los profesionales facultados para verificar las condiciones generales de instalación y realizar las revisiones y pruebas - arts. 73 a 76

TÍTULO VII. De los informes técnicos - arts. 77 a 79

TÍTULO VIII. De los operadores de calderas y autoclaves - arts. 80 a 84

TÍTULO IX. Fiscalización y sanciones - arts. 85 y 86

## **B) DECRETO SUPREMO N° 10.**

TÍTULO I. Disposiciones generales

- Párrafo I. Ámbito de aplicación - art. 1
- Párrafo II. Definiciones - art. 2
- Párrafo III. Del registro de calderas y autoclaves - arts. 3 a 7
- Párrafo IV. De los equipos que utilizan vapor de agua - art. 8

TÍTULO II. De las condiciones generales de instalación y seguridad de las calderas de vapor, autoclaves y equipos que utilizan vapor de agua

- Párrafo I. De la sala de calderas de vapor - arts. 9 a 15
- Párrafo II. De los autoclaves y equipos que utilizan vapor de agua - art. 16
- Párrafo III. Del diseño de las calderas de vapor, autoclaves, equipos que utilizan vapor de agua y los circuitos de vapor - arts. 17 y 18
- Párrafo IV. Del agua - arts. 19 y 20
- Párrafo V. Accesorios de observación, seguridad y control automático - arts. 21 a 40
- Párrafo VI. De las revisiones y pruebas de las condiciones de seguridad de las calderas de vapor, autoclaves, equipos que trabajan con vapor de agua, sus componentes, accesorios y redes de distribución - arts. 41 a 44
- Párrafo VII. De la revisión interna y externa - arts. 45 y 46
- Párrafo VIII. De la prueba hidrostática - arts. 47 a 49
- Párrafo IX. De la regulación de la válvula de seguridad - art. 50
- Párrafo X. De la prueba de acumulación de vapor - art. 51
- Párrafo XI. De la revisión de la red de distribución de vapor, componentes y accesorios - art. 52
- Párrafo XII. Pruebas especiales - art. 53

TÍTULO III. De las condiciones generales de instalación y seguridad de las calderas de calefacción y calderas de fluidos térmicos

- Párrafo I. De las condiciones generales de instalación - arts. 54 y 55
- Párrafo II. Accesorios de observación, seguridad y control automático - arts. 56 a 61
- Párrafo III. De las revisiones y pruebas de las condiciones de seguridad de las calderas de calefacción y calderas de fluidos térmicos, sus componentes, accesorios y redes de distribución - arts. 62 a 64
- Párrafo IV. De la revisión interna y externa - art. 65
- Párrafo V. Verificación de funcionamiento de la válvula de alivio o seguridad - art. 66
- Párrafo VII. Verificación de funcionamiento del termostato - art. 67
- Párrafo VIII. De la revisión del circuito de calefacción, componentes y accesorios - art. 68
- Párrafo IX. Pruebas especiales - art. 69

TÍTULO IV. De los combustibles - arts. 70 y 71

TÍTULO V. De las excepciones a las revisiones y pruebas de las condiciones de seguridad de las calderas, autoclaves, equipos que trabajan con vapor de agua y accesorios - art. 72

TÍTULO VI. De los profesionales facultados para verificar las condiciones generales de instalación y realizar las revisiones y pruebas - arts. 73 a 76

TÍTULO VII. De los informes técnicos - arts. 77 a 79

TÍTULO VIII. De los operadores de calderas y autoclaves - arts. 80 a 84

TÍTULO IX. Fiscalización y sanciones - arts. 85 y 86

<b>DECRETO SUPREMO N° 10</b>
<b>APRUEBA REGLAMENTO DE CALDERAS, AUTOCLAVES Y EQUIPOS QUE UTILIZAN VAPOR DE AGUA</b>

Elaborado por:		Fecha:
Autoriza:		

Realizada por:	Cargo:			
Fecha:	Hora de inicio:			
Hora de termino:				
Motivo de aplicación: Mantenimiento diario semanal.				
Supervisa:				
Cargo:				
Especifique equipos de protección personal que utiliza durante la inspección.				
ÍTEM	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Zapatos de seguridad				
Casco de seguridad				
Guantes aislantes				
Tapones auditivos				
Antiparras				
Mascarilla				
<i>Para el desarrollo del chequeo se recomienda dar a viso al jefe directo o responsable de la actividad</i>				

APRUEBA REGLAMENTO DE CALDERAS AUTOCLAVES Y EQUIPOS QUE UTILIZAN VAPOR DE AGUA.	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
<b>1 DISPOSICIONES GENERALES</b>				
1.1 Las calderas de vapor de agua, calderas de calefacción y calderas de fluidos térmicos ¿son fijas?				
1.2 Las calderas de vapor de agua, calderas de calefacción y calderas de fluidos térmicos ¿son móviles?				
1.3 Las autoclaves y equipos que trabajan con vapor de agua, a presión manométrica ¿Son igual o superior a 0,5 kg/cm2?				
1.4 ¿Existen red de distribución de vapor, desde la fuente de generación de vapor, a los puntos de consumo de todo proceso, sus componentes y accesorios?				
<b>2 DEL REGISTRO DE CALDERAS Y AUTOCLAVES.</b>				
2.1 ¿La caldera y autoclave están incorporadas a un registro de la Secretaría Regional Ministerial de Salud correspondiente, previo al inicio de su operación y funcionamiento?				
2.2 El libro de registro de la secretaria regional contiene esto:				
a) Nombre del propietario, Rut, dirección				

b)	Nombre del representante legal, Rut, dirección, en su caso.				
c)	Dirección de la instalación del equipo.				
d)	Nombre del fabricante.				
e)	Numero de fabricación y año.				
f)	Superficie de calefacción.				
g)	Presión máxima de trabajo en kg/cm <sup>2</sup> .				
h)	Producción de vapor en kg/hr.				
i)	Tipo (s) de combustible (s) empleado (s) y consumo por kg/hr.				
j)	Tipo de aislación térmica del equipo y red de distribución de vapor y agua caliente.				
k)	Volumen en litros o metros cúbicos.				
l)	Informe técnico emitido por un profesional facultado, que dé cuenta del cumplimiento de las exigencias de este reglamento en las calderas y autoclaves.				
m)	Identificación del profesional facultado que efectúa el informe técnico.				
n)	Certificado de prueba hidráulica al término de la fabricación, respecto de calderas, autoclaves y equipos que utilizan vapor de agua, nuevos y sin uso.				
o)	Copia del manual de operación del equipo en español.				
p)	Sistema de tratamiento de agua de alimentación.				
q)	Catálogo de caldera o autoclave.				
r)	Plano general de planta a escala, de la instalación y de la sala de caldera. En ambos casos se deberá indicar la ubicación y dirección de la red de fluidos, puntos de consumo identificando el tipo de equipo, depósito de combustible, estanque de alimentación de agua, purgas y accesorios.				
s)	Inscripción de la declaración en la Superintendencia de Electricidad y Combustibles SEC, de la instalación eléctrica y suministro de combustibles Líquidos y gaseosos.				
t)	Resolución de calificación ambiental cuando corresponda.				
u)	Indicar norma de diseño y normas técnicas de construcción de la caldera y autoclave.				
v)	Libro de vida de la caldera y autoclave, foliado, tamaño oficio.				
w)	Copia de documento que acredita el registro del equipo, cuando se trate de aquellos que han sido trasladados o transferidos.				
2.3	¿Cuándo una caldera o autoclave registrado se deja de utilizar, traslade o transfiera, el propietario le comunica a la autoridad sanitaria correspondiente y lo registra dicho evento en el libro de vida?				
2.4	¿Los equipos contienen asbesto?,				

a)	¿Cuándo se desmantela el equipo, el propietario da cumplimiento a todas las normativas de dicha materia?				
2.5	¿La caldera y la autoclave posee un libro de vida, durante toda su vida útil?				
2.6	¿El libro de vida contiene una memoria Explicativa en español con especificaciones técnicas y cálculos de diseño de la caldera o autoclave, con indicación de las normas nacionales o extranjeras empleadas, además se anotan en él, por orden de fechas, todos los datos Observaciones acerca de su funcionamiento, mantención, reparación, traslados accidentes sufridos, así como Las inspecciones, revisiones y pruebas efectuadas, muestreo de emisiones, incluyendo la certificación técnica?				
2.7	¿Las calderas de vapor constan con un libro foliado de operación diaria en el cual el operador registrará en cada turno, su nombre, análisis de agua, limpieza del estanque de retención o de purgas, purgas manuales realizadas, accionamiento de válvulas, verificación de alarma acústica y visual, inspección de accesorios de observación, seguridad y situaciones anómalas cuando corresponda?				
2.8	¿La caldera y autoclave tienen adosado a su cuerpo principal una placa metálica que indique, en forma visible e indeleble, el nombre del fabricante, número de fábrica, año de fabricación, superficie de calefacción si correspondiera, combustible si correspondiera, número de registro asignado por la autoridad sanitaria y la presión máxima de trabajo para la cual fue diseñada?				
3	<b>DE LOS EQUIPOS QUE UTILIZAN VAPOR DE AGUA.</b>				
3.1	¿Los equipos que utilizan vapor de agua tienen un informe técnico emitido por un profesional facultado?				
3.2	El informe realizado por el profesional facultado contiene lo siguiente:				
a)	Nombre del fabricante.				
b)	Numero de fabricación.				
c)	Año de construcción.				
d)	Presión máxima de trabajo en kg/cm <sup>2</sup> .				
e)	Tipo de aislación térmica del equipo y red de distribución de vapor y agua caliente.				
f)	Volumen en litros o metros cúbicos.				
g)	Identificación del profesional facultado que efectúa el informe técnico.				

h)	Informe técnico emitido por profesionales facultados, que dé cuenta del cumplimiento de este reglamento.				
i)	Catálogo del equipo.				
j)	Indicar norma de diseño y normas técnicas de construcción del equipo.				
4	DE LAS CONDICIONES GENERALES DE INSTALACION Y SEGURIDAD DE LAS CALDERAS DE VAPOR, AUTOCLAVES Y EQUIPOS QUE UTILIZAN VAPOR DE AGUA (DE LA SALA DE CALDERAS DE VAPOR)				
4.1	¿Las calderas de vapor, sean estas fijas o móviles, que tengan una superficie de calefacción igual o superior a 5 m <sup>2</sup> y una presión manométrica de trabajo igual o superior de 2.5 kg/cm <sup>2</sup> , se instalan en un recinto exclusivo denominado sala de calderas, el cual será de material incombustible, con una cubierta de techo liviano de similares características y muros con resistencia mínima al fuego RF-60?				
4.2	¿La sala de caldera es exclusiva y no es utilizada para otros fines diferentes a los de generación de vapor?				
4.3	¿se dispone de una cabina que permita el resguardo del operador de las condiciones ambientales durante la jornada de trabajo?				
4.4	¿la sala de caldera, no podrá estar ubicada sobre o bajo una construcción destinada a habitación o lugar de trabajo y se diseñará de forma que satisfaga los requisitos mínimos de seguridad para desarrollar labores de operación, mantenimiento, inspección y reparación, dando cumplimiento a las normas vigentes de la ordenanza general de urbanismo y construcciones?				
4.5	¿En la zona o sala donde se instale la caldera de vapor se coloca, en un lugar visible, Carteles indicadores, perfectamente legibles, con las instrucciones sobre las maniobras necesarias para la puesta en marcha y detención de la caldera de vapor y las maniobras a realizar en caso de emergencia?				
4.6	¿Entre la caldera y las paredes del recinto u otro elemento de la instalación existe una distancia mínima de 1 metro y un espacio libre no inferior a 1,5 metros entre el punto más elevado del elemento y el techo?				
4.7	¿La instalación de plataformas de trabajo es de material incombustible y superficie antideslizante, para acceder en forma segura a la parte más alta del				

	equipo y para realizar operaciones como medición de gases en chimeneas, observación, mantenimiento, recambio de accesorios, operación de válvulas de suministro y otras similares?				
4.8	¿Las aislaciones térmicas que contengan asbesto en sus distintas formas están debidamente señalizadas advertencias: "Aislación térmica con asbesto, material de riesgo para la salud, no intervenir sin autorización"?				
4.9	¿La sala de calderas es mantenida y está en buen estado de limpieza y conservación, totalmente libre de gases o vapores inflamables y está permanentemente ventilada, con ingreso continuo de aire tanto para su renovación como para la combustión?				
4.10	¿La sala de calderas está provista de un lugar para colación y de un servicio higiénico exclusivo siempre que el operador de la caldera no pueda ocupar las instalaciones y servicios de la empresa, por el funcionamiento continuo de la caldera de vapor?				
<b>5</b>	<b>DE LOS AUTOCLAVES Y EQUIPOS QUE UTILIZAN VAPOR DE AGUA.</b>				
5.1	¿Los autoclaves y equipos que utilizan vapor de agua, están ubicados en un lugar que permita realizar labores seguras de operación, inspección y mantención?				
<b>6</b>	<b>DEL DISEÑO DE LAS CALDERAS DE VAPOR, AUTOCLAVES EQUIPOS QUE UTILIZAN VAPOR DE AGUA Y LOS CIRCUITOS DE VAPOR.</b>				
6.1	¿El diseño y construcción de las calderas de vapor, autoclaves, equipos que utilizan vapor de agua y los circuitos de vapor se ciñen a una norma técnica nacional o extranjera existente?				
6.2	¿Todo circuito de vapor consta de a lo menos con un manómetro?				
6.3	Los circuitos de vapor que suministren vapor a las autoclaves o bien a equipos que utilizan vapor de agua y que trabajan a una presión inferior a la generada por la caldera de vapor, ¿consta con una válvula de seguridad ubicada después del sistema de regulación de modo tal que, en ningún caso, el equipo receptor de vapor reciba un flujo de vapor con presión mayor a la presión máxima de trabajo?				
6.4	¿Para los efectos de control periódico de los manómetros, existe un tubo de conexión con llave de paso que permita la fácil colocación de un manómetro patrón?				
6.5	¿Las válvulas reguladoras de flujo y reductoras de presión, las trampas de vapor, accesorios de observación y				

	accesorios de seguridad están ubicados en un lugar visible y de fácil acceso para su inspección, mantención o cambio?				
7	DEL AGUA.				
7.1	¿El suministro de agua de alimentación, para toda caldera de vapor y autoclave cumple con las siguientes medidas mínimas de seguridad? Cuando se requiera:				
a)	Se debe garantizar un sistema de alimentación continuo de suministro de agua a la caldera de vapor, que permita un funcionamiento seguro en relación a la producción de vapor.				
b)	Se debe contar con un estanque de alimentación ubicada entre la fuente de abastecimiento de agua y la caldera de vapor.				
c)	La cañería de alimentación está provista de un sistema de retención y de una válvula de paso de cierre manual ubicada entre la caldera de vapor y el sistema de retención.				
d)	Cada caldera de vapor o conjunto de calderas de vapor dispone de dos o más medios de alimentación de agua. En las calderas de vapor que usen combustibles sólidos uno de los medios de alimentación es independiente de la energía eléctrica, pudiendo ser accionado por el vapor de la misma u otro sistema que garantice una alimentación de agua segura.				
7.2	¿Está unida directamente el sistema alimentación de agua de las calderas con la red de agua potable?, ya que está prohibido				
7.3	¿El suministro de agua de alimentación, para toda caldera de vapor y autoclave cumple con las siguientes medidas mínimas de seguridad? Cuando se requiera: En relación a la calidad físico química del agua de alimentación:				
a)	a) El agua de alimentación tiene un aspecto cristalino, homogéneo y transparente, y su turbiedad no exceder las diez unidades nefelométricas (10 NTU).				
b)	b) La dureza total del agua excede 10 partes por millón (10 ppm), expresado como Ca CO <sub>3</sub> .				
c)	El pH es entre 7 a 11.				
7.4	¿Se realiza un control de la calidad del agua de alimentación, por un laboratorio externo especializado en análisis de aguas, a lo menos una vez al año o a solicitud de la autoridad sanitaria con ocasión de una fiscalización?				

7.5	¿Las tomas de muestra de la calidad de agua de alimentación son realizadas en el estanque de alimentación inmediato de la caldera de vapor?				
7.6	¿El laboratorio que toma las muestras de la calidad de alimentación del agua es el mismo que provee los productos químicos para tratamiento de agua?				
7.7	¿El suministro de agua de alimentación, para toda caldera de vapor y autoclave cumple con las siguientes medidas mínimas de seguridad? Cuando se requiera: En relación con el agua al interior de la caldera de vapor:				
a)	La conductividad térmica del agua excede a 7000 ojas/cm.				
b)	Toda caldera de vapor está equipada con una o más cañerías de desagüe, comunicadas con el punto más bajo de esta y destinados a las purgas y extracciones sistemáticas de lodos				
c)	La descarga de las cañerías de purga se vacía al alcantarillado público o particular a través de un estanque de retención.				
d)	Las líneas de extracción de fondo están provistas de dos válvulas: una de corte rápido y la otra de compuerta, cuando corresponda, ubicada entre la caldera y el estanque de retención. Estas válvulas permanecen siempre cerradas y operativas.				
e)	El estanque de retención reúne las siguientes condiciones:				
	1. Ser fácilmente accesible para su inspección visual interior y la extracción de lodos.				
	2. Las tapas o puertas de inspección tendrán un ajuste que evite escapes de vapor o agua.				
	3. Estar provisto de una cañería de ventilación metálica, con salida al exterior de la sala, sobre la techumbre y sin riesgo para las personas.				
	4. Ser capaz de contener del 3% al 5% del volumen mínimo de agua de la caldera.				
	5. El diámetro de la cañería de escape a la atmosfera debe ser mayor al escape a la atmosfera debe ser mayor que el diámetro de la cañería de purga.				
	6. Llevar la válvula que permita vaciar toda el agua purgada de la caldera de vapor cuando sea necesario.				
	7. En el caso de contar con un dispositivo distinto al estanque de retención, este debe haber				

	sido probado por la autoridad sanitaria.				
	8. Estos tanques podrán también ser instalados en el exterior de la sala de calderas, en un lugar seguro y con acceso restringido. Se deberá mantener limpio en forma permanente tanto el estanque como su circuito de evacuación. Cada limpieza deberá quedar registrada en el libro de operación diaria.				
7.8	¿El propietario o usuario pone a disposición del operador los medios para realizar, en cada turno, los controles periódicos mínimos del agua relativos a pH, conductividad, turbiedad y dureza y el libro de operación diaria para que se registre en él estos parámetros?				
8	<b>ACCESORIOS DE OBSERVACION, SEGURIDAD Y CONTROL AUTOMATICO.</b>				
8.1	¿Las calderas de vapor disponen de los siguientes accesorios?				
a)	Accesorios de observación: Dos indicadores de nivel de agua independientes entre sí, uno o más manómetros y un medidor de temperatura de salida de gases.				
b)	Accesorios de seguridad: Válvula de seguridad, sistema de alarma audible y visible, sellos o compuertas para alivio de sobrepresión en el hogar y tapón fusible. En caso de utilizar otro dispositivo de seguridad alternativo, éste deberá tener una justificación técnica.				
c)	Accesorios de control automático: Uno o más controladores de nivel de agua, uno o más detectores de llama. Uno o más presostatos con diferencial ajustable o digital.				
8.2	¿Las autoclaves disponen de los siguientes accesorios?				
a)	Accesorios de observación: Uno o más manómetros por cada cuerpo de presión, un medidor de temperatura de la cámara de vapor y un indicador de nivel de agua para los que generan su propio vapor. Las autoclaves de sobremesa, no requerirán el indicador de nivel de agua señalado.				
b)	Accesorios de seguridad: Válvula de seguridad por cada cuerpo de presión.				
c)	Accesorios de control automático: Uno o más presostatos con diferencial ajustable o digital y uno o más termostatos digitales.				
d)	Accesorios de purga de descarga rápida.				

8.3	¿Los equipos que utilizan vapor de agua disponen de los siguientes accesorios?				
a)	Accesorios de observación: Uno o más manómetros por cada cuerpo de presión.				
b)	Accesorios de seguridad: Válvula seguridad por cada cuerpo de presión.				
c)	Accesorios de purga de descarga rápida.				
8.4	¿Todos los accesorios de observación, seguridad y control automático están ubicados en un lugar visible y de fácil acceso para su inspección, mantención o cambio?				
9	<b>ACCESORIOS DE OBSERVACION.</b>				
9.1	¿Toda caldera de vapor está provista de, a lo menos, dos indicadores de nivel de agua, independientes entre sí, uno de ellos, debe ser de observación directa del tipo tubo de vidrio y el otro estar formado por una serie de tres grifos o llaves de prueba?				
9.2	¿El tubo de vidrio de los indicadores de nivel de agua de las calderas de vapor, tiene una marca con una línea roja indeleble, el nivel mínimo y máximo de agua requerido para la operación de la caldera de vapor?				
9.3	¿Los indicadores de nivel de agua tienen un diseño que permita la realización de purgas periódicas y seguras?				
9.4	¿Toda caldera de vapor, autoclave y equipo que trabaja con vapor de agua, tiene instalado uno o más manómetros conectados directamente al cuerpo de presión y que midan la presión efectiva en su interior?				
9.5	¿El manómetro de lectura directa es de tipo bourdon?				
9.6	¿El manómetro tiene la capacidad para indicar, a lo menos, una y media vez la presión máxima de trabajo de la caldera de vapor, autoclave o equipo que trabaja con vapor de agua, procurando que dicha presión se encuentre en el tercio central de la graduación de la esfera?				
9.7	¿En el manómetro se marca con una línea roja indeleble la presión máxima de trabajo?				
9.8	¿El diámetro de la esfera del manómetro permite su fácil lectura desde la ubicación habitual del operador?				
9.9	¿Entre el manómetro y la cámara de vapor hay una llave de paso que facilite el cambio de éste y un sello de agua para evitar el calentamiento sobre 50 grados Celsius?				
9.10	¿Para los efectos del control periódico de los manómetros, debe existir un tubo de				

	conexión con llave de paso que permita la fácil colocación de un manómetro patrón?				
10	<b>ACCESORIOS DE SEGURIDAD.</b>				
10.1	¿Toda válvula de seguridad, está conectada directamente a la cámara de vapor, independiente de toda otra conexión o toma de vapor y sin interrupción de ninguna otra válvula, llave, grifo u obstrucción?				
10.2	¿Las válvulas de seguridad son capaces de evacuar el vapor en forma automática, para que la presión del vapor al interior de la cámara no sobrepase en ningún momento el 10% de la presión máxima de trabajo?				
10.3	¿Las válvulas de seguridad están graduadas de manera que se inicie la evacuación de vapor a una presión igual a la presión máxima de trabajo aumentada en un 6% como máximo y se deberán cerrar automáticamente, una vez alcanzada la presión de trabajo?				
10.4	¿En las calderas de gran presión utilizan los valores recomendados por el fabricante?				
10.5	¿Toda válvula de seguridad, lleva grabada o fundida en su cuerpo, una marca de fábrica que indique sus características y que permita su identificación?				
10.6	¿El mecanismo de regulación de las válvulas de seguridad permite que sean selladas, de manera que se pueda advertir si ha sido alterado?				
10.7	¿Una vez realizada la regulación se sellan las válvulas de seguridad mediante un precinto de plomo?				
10.8	¿El escape de vapor de la válvula de seguridad de una caldera de vapor se efectúa por medio de una cañería de descarga con salida al exterior de la sala de calderas, de forma que no constituya riesgo para las personas?				
10.9	¿La cañería tiene una sección transversal igual o superior al área de escape de la válvula y está dotada de un sistema de canalización del agua condensada proveniente de la parte superior de la válvula o en la cañería?				
10.10	¿Las especificaciones técnicas de las válvulas y el plan de mantenimiento recomendado por el fabricante se mantienen a disposición de la autoridad sanitaria?				
10.11	Las calderas de vapor con volúmenes de agua superiores a 150 litros por metro cuadrado de superficie de calefacción, de combustible sólido y de hogar interno, consta con tapón fusible que actúa, cada				

	vez que baje el nivel mínimo de agua de la caldera de vapor, salvo que su diseño contemple otro sistema que cumpla esta función. ¿La parte interna del tapón tiene que mantenerse libre de incrustaciones o cualquier otra sustancia extraña?				
10.12	¿Las calderas de vapor disponen de un sistema de alarma, acústica y visual, que funcione automáticamente cuando el nivel del agua alcance el mínimo o el máximo deteniendo, a la vez, el funcionamiento del sistema de combustión cuando se alcance el nivel mínimo de agua?				
10.13	¿Las calderas de vapor que usan combustibles líquidos o gaseosos, disponen de una o más compuertas para alivio de sobrepresión en el hogar, salvo aquellas que posean sistemas de seguridad automatizados para evitar la sobrepresión?				
11	<b>ACCESORIOS DE CONTROL AUTOMATICO.</b>				
11.1	¿Toda caldera de vapor está provista de, a lo menos, un control automático de nivel de agua, que podrá ser de tipo flotador, electrodo sumergido u otro?				
11.2	¿Las calderas de vapor que usan combustibles líquidos o gaseosos, dispondrán de uno o más detectores de llama, los que pueden ser por conducción eléctrica, ionización de la mezcla, generación de calor, por luz visible o bien por detección infrarrojo u otro?				
11.3	¿El sensor da la señal de detener el quemador cuando la llama haya desaparecido por algún motivo como exceso de combustible o deficiencia de éste?				
11.4	¿Los detectores evitan la generación de ambientes inflamables en el hogar y el sensor da corte para un reinicio del quemador?				
11.5	¿La detención del quemador origina una post-purga automática de los gases acumulados en el hogar, (único sistema que puede prevenir de explosiones al interior del mismo)?				
11.6	¿Toda caldera de vapor y autoclave están provisto de uno o más presostatos de tipo diferencial ajustable o digital?				
11.7	¿Toda autoclave está provisto de uno o más termostatos de tipo diferencial ajustable o digital?				
12	<b>DE LAS REVISIONES Y PRUEBAS DE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD DE LAS CALDERAS DE VAPOR, AUTOCLAVES, EQUIPOS QUE TRABAJAN CON VAPOR DE AGUA, SUS COMPONENTES,</b>				

	ACCESORIOS Y REDES DE DISTRIBUCIÓN				
12.1	¿Las calderas de vapor, autoclaves y equipos que utilizan vapor de agua, que estén constituidos por uno o más cuerpos o espacios de presión, están sometidas a las revisiones y pruebas que establece este reglamento y tener los accesorios de seguridad, observación y de control automático?				
12.2	La verificación de las condiciones de Seguridad de las calderas de vapor, autoclaves y equipos que utilizan vapor de agua y de sus componentes y accesorios, incluidas las redes de distribución, se efectúan mediante las siguientes revisiones y pruebas en la secuencia que se señala?				
a)	Revisión interna y externa.				
b)	Prueba hidrostática.				
c)	Prueba de la válvula de seguridad.				
d)	Prueba de acumulación de vapor.				
e)	Revisión de la red de distribución de vapor, componentes y accesorios.				
f)	Pruebas especiales.				
12.3	¿Las calderas de vapor, autoclave y equipos que utilizan vapor de agua, son sometidas a las revisiones y pruebas de acuerdo a las siguientes condiciones?				
a)	Las indicadas en las letras A) y B) del artículo precedente, al término de la fabricación, antes de la entrega al usuario, las que deberán ser certificadas por el fabricante.				
b)	Las indicadas en las letras A), B), C), D) y E) del artículo precedente: Al término de la instalación y antes de ponerlas en servicio Al término de cualquier reparación, reforzamiento o transformación y antes de ponerlas en servicio. A las que estén en funcionamiento, cada tres años.				
c)	La indicada en la letra F), cuando la autoridad sanitaria o el profesional facultado, lo estimen necesario				
d)	La indicada en la letra E), cuando la instalación presente daños evidentes como consecuencia inmediata de un terremoto u otros esfuerzos mecánicos imprevistos. Se exceptúa de la aplicación de la letra B), C) y D)				
12.4	¿Las autoclaves de sobremesa mencionados en el artículo 42, el volumen de la cámara de vapor excede los 50 litros?				
12.5	¿El propietario o usuario de la caldera de vapor, autoclave o equipo que utiliza vapor de agua, vela porque las revisiones				

	y pruebas se efectúen en las oportunidades y forma que señala el decreto supremo 10, remitiendo una copia del informe técnico a la autoridad sanitaria, dentro de un plazo máximo de 15 días hábiles desde su ocurrencia?				
13	<b>DE LA REVISION INTERNA Y EXTERNA.</b>				
13.1	¿Las calderas de vapor, autoclaves o equipos que trabajan con vapor de agua se dejaron enfriar, se evacuaron la totalidad del fluido de su interior, se abrieron y se procedieron a retirar cualquier vestigio de Iodos, impurezas o incrustaciones, también se limpiaron por completo el hogar, los conductos de humos y las cámaras por donde circulan los gases de la combustión, cuando corresponda para realizar las revisiones?				
13.2	¿Se procedió a limpiar, desincrustar o reparar, según corresponda, así como a revisar las instalaciones ablandadoras de agua cuando en la revisión interna se constaten incrustaciones?				
14	<b>DE LA PRUEBA HIDROESTATICA.</b>				
14.1	¿La caldera de vapor, autoclave o equipo que utiliza vapores pendientes en las revisiones interna y externa?				
14.2	Si la respuesta anterior es no ¿En la prueba hidrostática al cuerpo de presión, el que deberá estar a temperatura no superior a 50 grados Celsius se cumple con lo siguiente?				
a)	Se instalaron bridas o flanches ciegos que interrumpan todas las conexiones del cuerpo de presión y que resista la presión hidrostática de prueba.				
b)	Se retiraron las válvulas de seguridad y se colocaron tapones o flanches ciegos.				
c)	Se llenó con agua el cuerpo de presión hasta expulsar todo el aire de su interior, mediante un tubo de ventilación.				
14.3	¿La presión de la prueba hidrostática es 1,5 veces la presión máxima de trabajo?				
14.4	¿El cuerpo de presión ha presentado filtraciones o deformaciones durante 15 minutos y la presión de prueba se ha mantenido constante?				
14.5	¿El profesional facultado determinó la nueva presión máxima de trabajo, sobre la base de cálculos conforme a normas nacionales o internacionales reconocidas, lo cual quedó consignado en el informe técnico de profesional facultado y en el libro de vida, en caso de desconocer la presión máxima de trabajo, o cuando se hayan modificado las condiciones de diseño original?				
15	<b>DE LA REGULACION DE LA VALVULA DE SEGURIDAD.</b>				

15.1	¿Después de aprobada la prueba hidrostática, se realizó la regulación de la válvula de seguridad, incluidas todas las válvulas de las calderas de vapor, autoclave, equipos que utilizan vapor de agua y red de distribución de vapor?				
15.2	¿Se graduaron estas pruebas de manera que inicien la evacuación de vapor a una presión que no exceda más del 6% de la presión máxima de trabajo?				
16	<b>DE LA PRUEBA DE ACUMULACION DE VAPOR.</b>				
16.1	¿La prueba de acumulación se realizó con la caldera de vapor funcionando a su máxima capacidad y con la válvula principal de suministro de vapor cerrada?				
16.2	¿La válvula de seguridad de la caldera de vapor es capaz de evacuar la totalidad del vapor sin sobrepasar más de un 10% la presión máxima de trabajo?				
17	<b>DE LA REVISION DE LA RED DE DISTRIBUCION DE VAPOR, COMPONENTES Y ACCESORIOS.</b>				
17.1	¿El profesional facultado realizó las siguientes revisiones, las que serán consignadas en el libro de vida?				
a)	Estado de la red de distribución de vapor incluyendo la aislación térmica.				
b)	Sellos de agua y válvulas de conexión de los manómetros.				
c)	Funcionamiento del sistema de alimentación y de control del nivel de agua desde el estanque de alimentación.				
d)	Condiciones estructurales de la red de purga, estanque de retención de purgas y de suministro de agua.				
e)	Accesorios de observación, de seguridad, componentes que conforman la red de distribución tales como: Bombas de alimentación, bombas de vacío, trampas de vapor, válvulas reguladoras de presión, válvulas reguladoras de flujo, estanques, entre otros.				
f)	F) Determinar la precisión de la medición del manómetro, con respecto a un instrumento patrón.				
g)	Funcionamiento de controles automáticos: De presión, de alarmas, de combustión, de temperatura y de detención por emergencias.				
18	<b>PRUEBAS ESPECIALES.</b>				
18.1	¿La autoridad sanitaria o el profesional facultado a cargo de las pruebas solicitó pruebas especiales que consisten en ensayos no destructivos?				
18.2	¿Las pruebas especiales fueron realizadas por empresas certificadoras o				

	por profesionales especializados en ellas?				
	DE LAS CONDICIONES GENERALES DE INSTALACION Y SEGURIDAD DE LAS CALDERAS DE CALEFACCION Y CALDERAS DE FLUIDOS TERMICOS.				
19	DE LAS CONDICIONES GENERALES DE INSTALACION.				
19.1	Las calderas de calefacción que generen vapor de agua a presiones manométricas 19.1 menores a 0,5 kg /cm <sup>2</sup> , cumplen con las disposiciones de los párrafos IV y VI del título II, del presente reglamento?				
19.2	¿El emplazamiento de las calderas de calefacción y las calderas de fluidos térmicos cumplen con los siguientes requisitos?				
a)	De higiene y seguridad establecidas en la normativa vigente.				
b)	Contar con sistema de alumbrado para emergencia.				
c)	Cuando la caldera esté instalada en un subterráneo y no cuente con comunicación directa con el exterior, deberá contar con un sistema de inyección mecánico de aire a la sala, necesario para la combustión y para renovación de aire de los espacios de trabajo. Además, aquellas que utilicen combustibles gaseosos deberán disponer de un sistema de detección por fuga de gases inflamables, que detenga el quemador cuando se registren trazas de combustible en el aire de la sala.				
d)	Los gases de combustión de las calderas deberán ser evacuados hacia el exterior de la instalación.				
e)	Ofrecer la necesaria seguridad para realizar labores de mantención, mediciones de contaminantes producto de la combustión y limpieza general.				
f)	Deberá contar con un sistema que permita retener o canalizar cualquier fuga de fluido, por falla de sus componentes o accesorios, como también en situaciones de emergencia.				
g)	Se deberán señalar las direcciones y sentido del flujo del fluido caliente con una flecha de color rojo y el flujo del fluido de retorno en color azul, ambos claramente visibles.				
h)	Dar cumplimiento a lo establecido en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones en las materias atingentes a esta materia.				
i)	En las zonas o salas donde se instalen las calderas de calefacción y calderas de fluidos térmicos deben colocarse en lugar visible carteles indicadores, perfectamente legibles, con las				

	instrucciones sobre las maniobras necesarias para la puesta en marcha y detención del artefacto y las maniobras de emergencia Se exceptúan de las exigencias de las salas de calderas a las calderas de calefacción y a las calderas de fluidos térmicos, sean fijas o móviles, cuyo uso sea exclusivamente industrial o de proceso, no obstante, ello, deberán cumplir con los requisitos señalados en este artículo.				
20	<b>ACCESORIOS DE OBSERVACION SEGURIDAD Y CONTROL AUTOMATICO.</b>				
20.1	¿Las calderas de calefacción y las calderas de fluidos térmicos disponen de los siguientes accesorios?				
a)	Accesorios de observación: Uno o más manómetros y uno o más termómetros.				
b)	Accesorios de seguridad: Una o más válvulas de alivio o de seguridad y un estanque de expansión.				
c)	Accesorios de control automático: Uno o más termostatos.				
20.2	¿El propietario o usuario es mantiene operativos estos accesorios?				
20.3	¿Cuándo la caldera de calefacción o de fluidos térmicos presenta irregularidades en su operación, ha dejado de funcionar?				
20.4	¿Todos los accesorios de observación, seguridad y control automático deberán estar ubicados en un lugar visible y de fácil acceso para su inspección, mantención o cambio?				
	<b>ACCESORIOS DE OBSERVACION</b>				
21	<b>MANOMETROS.</b>				
21.1	¿Los manómetros están colocados en lugares de fácil visualización, con conexión directa al cuerpo de la caldera o a la red de salida del agua caliente o del fluido térmico?				
21.2	¿La conexión del manómetro con el fluido tiene una válvula de cierre rápido que facilite el cambio del instrumento?				
21.3	¿Cada manómetro tiene demarcado con una línea roja, visible e indeleble, las presiones máximas y mínimas de trabajo?				
21.4	¿El manómetro tiene capacidad para indicar, a lo menos, una y media vez la presión máxima de trabajo, procurando que dicha lectura se encuentre en el tercio central de la graduación de la esfera?				
21.5	¿El diámetro de la esfera del manómetro es tal que permite su fácil lectura desde la ubicación habitual del operador?				

21.6	En el caso particular de las calderas de calefacción por agua, ¿El manómetro es sustituido por un altímetro que indique el nivel o presión de la columna de agua contenida dentro del sistema, dando a conocer en todo instante la presión estática que corresponde al nivel de llenado?				
21.7	¿El nivel de llenado correcto es marcado en forma visible e indeleble?				
21.8	¿La lectura del manómetro tiene un margen de error con la lectura de un manómetro patrón de hasta un 5%?				
22	<b>TERMOMETROS.</b>				
22.1	¿Los termómetros están colocados en lugares de fácil visualización, indican la temperatura del agua o del fluido al interior de la caldera, y están graduados en grados Celsius?				
22.2	¿La temperatura máxima de trabajo está demarcada con una línea roja indeleble?				
	<b>ACCESORIOS DE SEGURIDAD</b>				
23	<b>VALVULA DE ALIVIO O SEGURIDAD</b>				
23.1	¿Las válvulas de alivio o de seguridad están conectadas directamente con el interior de la caldera, o con el circuito de calefacción, y éste permite el escape del fluido cuando sobrepasan la presión máxima de trabajo?				
23.2	¿La descarga es visible y está dispuesta en forma tal que no existe riesgo de accidentes por contacto con fluidos calientes?				
24	<b>ESTANQUES DE EXPANSION.</b>				
24.1	¿Las calderas de calefacción disponen de un estanque de expansión instalado en un lugar de fácil inspección?				
24.2	¿La conexión con la red de salida de agua caliente es directa, sin interrupciones de válvulas u otros elementos?				
24.3	¿La capacidad es suficiente para absorber al aumento de volumen que se produce por la expansión del agua por efecto del calor?				
	<b>ACCESORIOS DE CONTROL AUTOMATICO</b>				
25	<b>TERMOSTATO</b>				
25.1	¿Los termostatos están instalados en lugares de fácil visualización?				
25.2	¿Los termostatos están conectados directamente con el cuerpo de la caldera de calefacción, la caldera de fluido térmico o los estanques de acumulación de agua caliente?				

25.3	¿Hacen funcionar o detener el quemador cuando se alcanza las temperaturas prefijadas?				
26	DE LAS REVISIONES Y PRIEBAS DE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD DE LAS CALDERAS DE FLUIDOS TERMICOS, SUS COMPONENTES, ACCESORIOS Y REDES DE DISTRIBUCION				
26.1	¿La verificación de las condiciones de seguridad de las calderas de calefacción, las calderas de fluidos térmicos, de sus componentes y accesorios incluido el circuito de calefacción, se efectúan mediante las siguientes revisiones y pruebas, en la secuencia que se señala?				
a)	Revisión interna y externa.				
b)	Verificación de funcionamiento de las válvulas de alivio o de seguridad.				
c)	Verificación de funcionamiento de los termostatos.				
d)	Revisión de los circuitos de calefacción componentes y accesorios.				
e)	Pruebas especiales.				
26.2	¿Las calderas de calefacción y las calderas de fluidos térmicos son sometidas a las revisiones y pruebas de acuerdo a las siguientes condiciones				
a)	La indicada en la letra A., del artículo precedente, al término de la fabricación, antes de la entrega al usuario. Estas deberán ser certificadas por el fabricante.				
b)	Las indicadas en las letras A., B., C. y D del artículo precedente: - Al término de la instalación y antes de ponerlas en servicio. - Al término de cualquier reparación, reforzamiento o transformación y antes de ponerlas en servicio. - A las que estén en funcionamiento cada tres años.				
c)	La indicada en la letra E., cuando la autoridad sanitaria o el profesional facultado, lo estimen necesario.				
d)	La indicada en la letra D., cuando la instalación presente daños evidentes a consecuencia inmediata de un terremoto u otros esfuerzos mecánicos imprevistos.				
26.3	¿El propietario o usuario de las calderas de calefacción y las calderas de fluidos térmicos, vela por que las revisiones y pruebas se efectúen en las oportunidades y forma que señala el presente reglamento?				

26.4	¿El propietario o usuario remite una copia del informe técnico a la autoridad sanitaria, dentro de un plazo máximo de 15 días hábiles desde su ocurrencia?				
27	DE LA REVISION INTERNA Y EXTERNA.				
27.1	¿Las calderas de calefacción y las calderas de fluidos térmicos, se dejan enfriar, se evacua la totalidad del fluido de su interior, se abre y procede a retirar cualquier vestigio de Iodos, impurezas o incrustaciones?				
27.2	¿Las calderas de calefacción y las calderas de fluidos térmicos se limpian por completo el hogar, los conductos de humos y las cámaras por donde circulan los gases de la combustión, cuando corresponde?				
28	VERIFICACION DE CUMPLIMIENTO DE LA VALVULA DE ALIVIO Y SEGURIDAD				
28.1	¿Después de la revisión interna y externa se verifica el funcionamiento de la válvula de alivio o de seguridad?				
28.2	¿La válvula de alivio y seguridad es desmontada, teniendo la precaución de que no existe presión en el interior del sistema, con el objeto de revisar los componentes interiores y las superficies del asiento para su limpieza y mantención?				
28.3	¿La válvula de alivio y seguridad es instalada, verificando la apertura de la válvula a la presión preestablecida?				
28.4	¿Cuándo la verificación de la apertura de la válvula no puede ser realizada en su lugar de instalación, ésta se efectúa en un banco de prueba?				
29	VERIFICACION DEL FUNCIONAMIENTO DEL TERMOSTATO.				
29.1	¿El termostato es probado con la caldera funcionando, constatando que el quemador de la caldera se detiene cuando el agua o el fluido térmico al interior del sistema alcanza su temperatura de trabajo predeterminada?				
29.2	¿El termostato se enciende cuando el control de temperatura del agua caliente o del fluido térmico al interior de la caldera o en el estanque acumulador disminuye?				
29.3	¿La desviación máxima es de un 5% respecto de la temperatura regulada?				
30					

	<b>DE LA REVISION DEL CIRCUITO DE CALEFFACCION, COMPONENTES Y ACCESORIOS</b>				
30.1	¿El profesional facultado realiza las siguientes revisiones, las cuales son consignadas en el libro de vida?				
a)	Verificación:				
	1. Del funcionamiento del sistema de ventilación de la sala de calderas.				
	2. Del funcionamiento de los conductos de evacuación de gases de combustión.				
	3. De la red de suministro de combustible y red eléctrica.				
	4. De las condiciones de funcionamiento del quemador.				
	5. Del funcionamiento de los accesorios de observación y los accesorios de seguridad.				
	6. De la descarga de las válvulas de alivio o seguridad.				
b)	Estado:				
	1. Del circuito de calefacción incluyendo la aislación térmica y componentes, tales como bombas, estanques, válvulas reguladoras de flujo, entre otros.				
	2. De conservación de los estanques acumuladores de agua caliente, estanques acumuladores de fluido térmico y estanque de expansión, sean estos presurizados o con comunicación a la atmósfera.				
31	<b>PRUEBAS ESPECIALES.</b>				
31.1	¿La autoridad sanitaria o el profesional facultado a cargo de las pruebas han solicitado pruebas especiales que consisten en ensayos no destructivos?				
32	<b>DE LOS COMBUSTIBLES.</b>				
32.1	¿Todos los combustibles son almacenados en recintos exclusivos y separados de la sala de caldera?				
32.2	¿Todos los combustibles dan cumplimiento a La ordenanza general de urbanismo y construcciones, respecto a la densidad de carga de combustible?				

32.3	¿Todos los combustibles dan cumplimiento a La normativa específica en materia de combustibles dictada por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles?				
32.4	¿Si emplean combustibles líquidos contenidos en recipientes menores de 1 metro cúbico, estos están en un recinto exclusivo el que reúne los siguientes requisitos?				
a)	Sala de material incombustible, dotada con sistema de extinción de incendio.				
b)	El estanque debe tener una certificación de fábrica de estar diseñado para almacenar combustibles líquidos.				
c)	El estanque deberá estar rotulado y contar con una válvula de venteo hacia el exterior de la sala.				
d)	El estanque deberá tener accesorio de control de nivel de llenado y conexión a una malla de tierra.				
e)	El estanque deberá tener un pretil de retención con capacidad suficiente para derrame de combustible.				
32.5	Si se le ha realizado una modificación al diseño original de las calderas de vapor, calderas de calefacción o calderas de fluidos térmicos, por un cambio de combustible, ¿Esta modificación está respaldada por el fabricante, informando la factibilidad de su funcionamiento con ese otro combustible?				
32.5	¿Dicha modificación está respaldada sobre la base de cálculos conforme a normas nacionales o internacionales reconocidas?				
32.6	¿El informe es realizado por un profesional facultado, bajo su entera responsabilidad?				
32.7	¿Dicha modificación está consignada en el informe técnico del profesional facultado y en el libro de vida?				
33	<b>DE LAS EXCEPCIONES A LAS REVISIONES Y PRUEBAS DE LAS CALDERAS, AUTOCLAVES EQUIPOS QUE TRABAJAN CON VAPOR DE AGUA Y ACCESORIOS.</b>				
33.1	¿Se presenta ante la autoridad sanitaria, un informe técnico de las revisiones y pruebas recomendadas por el fabricante para la autorización de dichas excepciones en el caso que el diseño de las calderas, autoclaves, equipos que trabajan con vapor de agua o accesorios, no permitan realizar la totalidad de las revisiones y pruebas señaladas en los artículos precedentes?				
34	<b>DE LOS PROFESIONALES FACULTADOS PARA VERIFICAR LAS CONDICIONES GENERALES</b>				

	<b>DE INSTALACION Y REALIZAR LAS REVISIONES Y PRUEBAS.</b>				
34.1	¿Las condiciones generales de instalación, revisiones y pruebas de las calderas, autoclaves, equipos que trabajan con vapor de agua y redes de distribución, son efectuadas por un profesional que cumple los siguientes requisitos?				
a)	Ser profesional titulado, de una carrera de 8 semestres de duración, con formación en termodinámica, transferencia de calor, mecánica de fluidos, procesos térmicos, máquinas hidráulicas, diseño y cálculo de calderas y resistencia de materiales, facultado para ejercer en el país.				
b)	Acreditar una experiencia mínima de tres años en la fabricación, instalación, reparación, mantenimiento u operación de plantas térmicas con calderas de vapor de gran presión				
34.2	¿El propietario o usuario de la instalación da aviso a la autoridad sanitaria respectiva, con a lo menos 72 horas de anticipación de la programación de verificación de las condiciones generales de instalación y las Revisiones y pruebas reglamentarias a realizar por el profesional facultado, señalando el lugar, día y hora en que se llevará a efecto?				
34.3	¿El aviso se realiza a través del formulario que dispone la autoridad sanitaria?				
34.4	¿El formulario se remite vía fax, correo electrónico o personalmente a la unidad técnica correspondiente?				
35	<b>DE LOS INFORMES TECNICOS.</b>				
35.1	¿Los profesionales facultados emitieron un informe técnico en duplicado y éste se entregó al propietario o usuario de la instalación, dentro del plazo máximo de 8 días hábiles contado desde la finalización de la verificación de las condiciones generales de instalación y las revisiones y pruebas reglamentarias?				
36	<b>EL INCUMPLIMIENTO DEL ARTICULO 76 INVALIDARA EL INFORME TECNICO EMITIDO POR EL PROFESIONAL FACULTADO.</b>				
36.1	¿El informe técnico se realizó mediante el formato tipo proporcionado por la autoridad sanitaria?				
36.2	¿El informe técnico contiene las condiciones generales de instalación, revisiones y pruebas que dicta este reglamento?				

37	DE LOS OPERADORES DE CALDERAS Y AUTOCLAVES.				
37.1	¿El manejo, vigilancia, supervisión y operación de toda autoclave, caldera de calefacción, caldera de fluido térmico y caldera de vapor, está a cargo de un operador calificado, con capacitación sobre funcionamiento del equipo específico a operar y sobre los peligros que puede ocasionar una falsa maniobra o una inadecuada operación?				
37.2	¿El operador cuenta con licencia de enseñanza media y la aprobación de un examen de competencia ante la autoridad sanitaria o ha demostrado que ha obtenido esa competencia dentro del programa de estudios de una carrera que incluye esta preparación en la respectiva malla curricular?				
37.3	¿El operador de una caldera de vapor de gran presión cuenta con título de nivel técnico o profesional en el área industrial?				
37.4	Si cuentan con calderas de calefacción y calderas de fluidos térmicos, ¿Existe un operador calificado que estará a cargo de supervisar su funcionamiento?				
37.5	<b>Se excluyen de la obligación de contar con operador calificado los equipos intercambiadores de calor, termos, boilers, marmitas u otros similares.</b>				
37.6	¿La autoridad sanitaria respectiva verifica el cumplimiento de estos requisitos por los interesados?				
37.7	¿El operador de la caldera de vapor mantiene actualizado el libro de operación diaria?				
37.8	¿El operador de la caldera de vapor verifica el funcionamiento de todos los dispositivos de alimentación de agua?				
37.9	¿El operador de la caldera de vapor acciona manualmente las válvulas de seguridad?				
37.10	¿El operador de la caldera de vapor realiza purgas en forma manual?				
37.11	¿El operador de la caldera de vapor analiza el agua proveniente de los ablandadores o de otros equipos purificadores?				
37.12	¿El operador de la caldera de vapor aplica los productos químicos para su tratamiento?				
37.13	¿El operador de la caldera de vapor verifica el estado de funcionamiento de trampas de vapor, redes de distribución de vapor, estado de la aislación térmica, estado de los componentes de la caldera, operatividad de la alarma acústica y visual?				

37.14	¿El operador de la caldera de vapor verifica el funcionamiento de todos los accesorios de observación, de seguridad y del control automático?				
37.15	¿El operador de la caldera de vapor mantiene registro de estos parámetros cada cuatro horas?				
37.16	¿El operador paraliza de inmediato el funcionamiento de la caldera, activa la alarma acústica, consigna las fallas en el libro de vida y realiza una evaluación técnica con un profesional facultado cuando el nivel del agua de la caldera baja más allá del límite inferior de visibilidad del tubo de nivel?				
37.17	¿El operador de la caldera de calefacción o de la caldera de fluidos térmicos mantiene actualizado el libro de vida de ésta?				
37.18	¿El operador de la caldera de calefacción o de la caldera de fluidos térmicos verifica el funcionamiento de los componentes?				
37.19	¿El operador de la caldera de calefacción o de la caldera de fluidos térmicos verifica el estado de funcionamiento de los accesorios de observación y de la aislación térmica de conjunto?				
37.20	¿El operador de la caldera de calefacción o de la caldera de fluidos térmicos registra en el libro de vida las mantenciones realizadas, inspecciones y fallas y desperfectos que presente el sistema?				
37.21	¿El operador de la caldera de calefacción o de la caldera de fluidos térmicos solicita una evaluación técnica de un profesional facultado si por algún motivo falla el sistema de alimentación de agua al sistema, ocurren fugas de combustible, fuga del fluido térmico, fallas en el sistema de control automático por temperatura o del sistema de presurización de agua?				
37.22	¿El operador de la autoclave verifica el funcionamiento de los accesorios tanto de observación como de seguridad y la aislación térmica?				
37.23	¿El operador de la autoclave mantiene actualizado el libro de vida?				
37.24	¿El operador de la autoclave registra las mantenciones realizadas, inspecciones y fallas como desperfectos que presente el sistema?				
37.25	¿Se solicita una evaluación técnica con un profesional facultado si por algún motivo, fallan las válvulas de seguridad, los accesorios de observación, el sistema de purgas de agua y vapor?				

38	FISCALIZACION Y SANCIONES				
38.1	¿La autoridad sanitaria, fiscaliza y controla el cumplimiento de las disposiciones del decreto supremo 10 y sanciona las infracciones?				
<b>OBSERVACIONES/RECOMENDACIONES:</b>					
FIRMA DE QUIEN REALIZA			FIRMA DE QUIEN REvisa		

### **C) CHECK LIST REDES**

<b>LISTA DE CHEQUEO</b>	
<b>RED DE DISTRIBUCION DE VAPOR</b>	
Elaborado por:	Fecha:
Autoriza	

Realizada por:	Cargo:			
Fecha:	Hora de inicio:	Hora de termino:		
Motivo de aplicación: Mantenimiento diario.				
Supervisa:				
Cargo:				
Especifique equipos de protección personal que utiliza durante la inspección.				
ÍTEM	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Zapatos de seguridad				
Casco de seguridad				
Guantes aislantes				
Tapones auditivos				
Antiparras				
Mascarilla				
<i>Para el desarrollo del chequeo se recomienda dar a viso al jefe directo o responsable de la actividad</i>				

ITEM	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
¿Se encuentran en buen estado los anclajes?				
¿se encuentran en buen estado los soportes del Sistema de distribución de vapor?				

Se encuentra limpia la superficie exterior de la red			
¿se observa corrosión en los soportes del sistema De distribución de vapor?			
¿existe algún ruido extraño en la parte de los Soportes de las redes?			
¿se observa algún tipo de anomalía en las uniones?			
¿se escucha algún ruido extraño en las uniones?			
¿se observa algún tipo de anomalía en los codos?			
¿se observa algún colapso de material en la red?			
¿se observa algún tipo de fuga en las tees?			
¿se observa alguna anomalía en las trampas de vapor?			
¿se escucha algún ruido extraño en las trampas de vapor?			
en el aislante térmico ¿se observa desprendimiento?			
En el aislante térmico ¿se observa erosión?			
¿se encuentran bien ajustados los topes de sujeción?			
¿se encuentran bien ajustado la prensa estopa?			
¿se encuentran en buenas condiciones las válvulas De control?			
<b><u>OBSERVACIONES/RECOMENDACIONES:</u></b>			
FIRMA DE QUIEN REALIZA		FIRMA DE QUIEN REvisa	

